# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET C$^{ie}$, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

## TOME CENT-SOIXANTE-ET-ONZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1920.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1920

# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUILLET 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

VULCANOLOGIE. — *Une éruption du volcan Karthala, à la Grande Comore, en août* 1918. Note de M. **A. Lacroix**.

L'ossature principale de l'île de la Grande Comore est constituée par le volcan de Karthala, qui dresse sa cime à $2560^m$ d'altitude. De ce volcan, sont partis dans toutes les directions des flots de lave basaltique, aujourd'hui recouverts, à l'exception des plus récents, par une luxuriante végétation tropicale.

Bien que des éruptions du Karthala aient été fréquentes au siècle dernier et qu'il s'en soit produit une en 1904 (¹), aucun détail précis n'est connu sur le dynamisme de ce volcan; aussi me paraît-il utile de signaler à l'Académie et d'interpréter des documents que j'ai réunis sur un dernier paroxysme

(¹) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 213.

datant d'août 1918. J'en ai eu connaissance par M. Ch. Legros, habitant depuis de longues années Nioumbadjou, sur le flanc sud-ouest du Karthala, et qui a tenu un journal des événements dont il a été le témoin. En me communiquant ses notes, M. Legros a bien voulu les compléter par des indications verbales, des photographies et des échantillons lithologiques.

Le Karthala est essentiellement formé par l'accumulation de coulées; il est couronné par un majestueux cratère de lave. La description qu'en a publiée en 1906 le voyageur A. Voeltzkow [1] et les indications fournies par M. Legros permettent d'apprécier les modifications apportées par l'éruption récente. Ce cratère est irrégulier; il présente des étranglements lui donnant vaguement l'aspect d'une feuille de trèfle; il mesure $4^{km}$ de plus grand diamètre, du Nord au Sud. Il est bordé par des falaises à pic de lave noire, dominant de $150^m$ à $200^m$ un fond plat couvert de coulées horizontales, fragiles, se débitant superficiellement en grandes dalles. La lave incandescente est donc venue jadis baigner le pied même de ces falaises. Si on laisse de côté tous les détails qui ne sont pas indispensables à la compréhension de ce qui suit, il suffira d'ajouter qu'au début d'août 1918, cette plaine de lave était creusée en son milieu d'un gouffre mesurant environ $500^m$ de diamètre et $100^m$ de profondeur. Ce gouffre, aux parois verticales, était entaillé dans la lave, son fond garni par une nappe de lave horizontale semblable à celle du fond du grand cratère : c'est là un type de *cratère-citerne* (pit crater); on n'y distinguait pas trace d'activité. Il me reste à signaler qu'il n'est possible de pénétrer dans le grand cratère du Karthala que par une échancrure ouverte dans sa paroi septentrionale et par laquelle s'est épanchée, en 1860, une grande coulée qui est descendue jusqu'à la mer, par Boboni, vers Itsandra.

Arrivons à l'éruption de 1918. Elle a débuté brusquement, sans indices prémonitoires notables, dans la nuit du 11 au 12 août. Le 11, à $22^h30^m$, d'intenses phénomènes lumineux, observés sur le flanc nord de Karthala, annonçaient l'ouverture d'une bouche éruptive, à l'altitude de $1980^m$, à environ $600^m$ au-dessus de celle de l'éruption de 1904 (Msirontsouzi). Pendant 3 jours, la lave s'est écoulée, longeant du côté de l'Est la coulée de 1904, c'est-à-dire suivant à peu près une direction Nord-Sud; une branche s'est dirigée à l'Est vers Idjikoundzi. Trois petits cônes de lave, d'une dizaine de mètres de hauteur, jalonnent la fente, qui ne présente pas

[1] Die Comoren. *Z. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin*, n° 6, 1906, p. 621.

plus de $0^m,80$ de largeur. Ces diverses ouvertures n'ont pas fourni de cendres, mais seulement quelques scories irisées, très légères et surtout des larmes de verre, fragiles et sonores, qui sont parfois restées accrochées aux branches des bruyères arborescentes du voisinage, incomplètement carbonisées. Cette description rappelle ce que j'ai vu aux alentours des fissures du sommet du Piton de la Fournaise à la Réunion; elle ne laisse aucun doute sur le caractère *hawaïen* de cette émission tranquille de lave : il semble que l'éruption de 1872 lui ait été comparable à ce point de vue, tandis que l'existence de cônes de scories jalonnant les fentes des éruptions de 1857, 1858, 1859, 1862, 1880, 1904, sans parler de celles de nombreuses éruptions non datées, montre que ces paroxysmes ont été accompagnés d'explosions stromboliennes.

La coulée elle-même présente deux aspects distincts : la surface de sa partie occidentale est formée par des accumulations de blocs scoriacés, c'est la forme en *gratons* (1); ailleurs, elle est constituée par des dalles légères, souvent redressées pour avoir chaviré dans le courant qui les entraînait (*tsaho* des Comoréens).

Jusqu'alors le cratère central était resté muet; dès le début de l'épanchement de lave, de petites secousses sismiques inoffensives avaient été constatées sur les flancs du volcan; elles se sont répétées jusqu'au 23 août; ce jour-là, à $9^h 15^m$, une secousse violente a été ressentie dans toute l'île et au delà, jusque dans l'île de Moheli; le 25, le phénomène s'est renouvelé, sous forme de secousses plus prolongées ($1^h$, $5^h$, $7^h$, $7^h 10^m$, $7^h 20^m$), puis, à $7^h 30^m$, une énorme colonne de cendres d'un noir bleuâtre, aux volutes épaisses et rapides, sortait du cratère central et, pendant 10 minutes, prenait une ampleur de plus en plus grande. Une chute de cendres très fines ne tardait pas à saupoudrer un large secteur limité, à l'ouest-nord-ouest du volcan (Boboni, Mvouni, Moroni). Le 26, à $16^h 25^m$, le phénomène se répétait; la hauteur de la colonne de cendres a été estimée à deux fois la hauteur du volcan, c'est-à-dire à plus de $5000^m$; de mémoire d'homme, pareil spectacle n'avait été vu dans l'île. A $18^h 30^m$, des éclairs sillonnaient la nuée et des détonations jetaient l'épouvante dans le pays. Le phénomène avait

(1) Depuis les travaux de J. Dana, l'usage s'est introduit de désigner ce type de coulée sous le nom de *pahoe-hoe*, d'un nom local utilisé par les indigènes d'Havaï; il me paraît plus logique d'employer l'expression de *graton*, en usage à la Réunion depuis le XVIIIe siècle et utilisée, en 1802, par Bory de Saint-Vincent dans sa description du volcan de cette île.

cessé à $20^h$; à $21^h 30^m$, le sommet de la montagne était dégagé et, au clair de la lune très brillante, on pouvait voir le nuage de cendres quitter la montagne, entraîné vers le Nord-Ouest. L'éruption était terminée, sauf quelques secousses de tremblement de terre qui se répétèrent jusqu'à la fin du mois. Pendant la durée de ces phénomènes explosifs, la fissure et les petits cratères de lave des flancs du volcan n'avaient donné que quelques vapeurs.

Il me reste à interpréter ces phénomènes explosifs.

Le caractère des explosions au cratère central est incontestablement vulcanien; la forme des nuées le prouve, aussi bien que l'étude minéralogique des cendres; mais dans l'ordre de succession des événements, il s'est produit quelque chose d'assez différent de ce qui s'observe d'ordinaire dans les éruptions de ce genre. En général, le magma très fluide monte tout d'abord jusque dans le cratère central; celui-ci devient le siège d'explosions stromboliennes ou de fontaines de lave hawaïennes, puis, lorsque la pression hydrostatique exercée par la colonne magmatique est suffisante, les parois de la montagne cèdent en quelque point de moindre résistance et le magma, aidé par sa haute température, se fraie un chemin à l'extérieur; une coulée latérale se produit; ce n'est que plus tard, lorsque la cheminée a été vidée de son magma neuf, que les phénomènes vulcaniens apparaissent dans le cratère central. Telle a été la marche de la grande éruption du Vésuve en 1906 et de beaucoup d'autres. Ici, il semble bien que le magma neuf ne soit pas parvenu jusqu'au cratère central, l'examen des matériaux projetés, aussi bien que l'aspect du cratère après l'éruption, le montrent et il me paraît vraisemblable qu'il faille attribuer ces explosions vulcaniennes à l'action d'eau superficielle. Sous un climat où les précipitations atmosphériques sont aussi intenses qu'aux Comores, l'eau pluviale a dû s'accumuler dans les canaux souterrains du volcan, puis être volatilisée par le magma incandescent en voie d'ascension avant que celui-ci ait pu arriver jusqu'au faîte de la montagne. C'est là un des cas particuliers dans lesquels je crois possible d'accepter les vues défendues par M. Brun.

M. Legros a fait en octobre l'ascension du cratère, et les observations qu'il y a recueillies sont intéressantes. La végétation des bords du cratère et celle, peu intense (bruyères arborescentes), développée sur les coulées suffisamment anciennes, était détruite seulement à partir du cratère-citerne, dans un secteur compris entre le Nord et le Sud-Ouest : là seulement se trouvaient des matériaux projetés. Dans cette région, les bords

extérieurs du cratère étaient creusés d'un nombre considérable de trous, au fond desquels se trouvaient de gros projectiles lancés par le volcan. Dans tout le reste du grand cratère, la végétation était intacte et les bombes absentes. Cette localisation des produits de projection doit être attribuée à une double cause. En août, dans l'océan Indien, le régime des vents est très stable; les alizés du Sud-Est s'étendent du sud de Madagascar jusque vers l'équateur, où ils se raccordent progressivement à la mousson de Sud-Ouest qui souffle sur toute la partie septentrionale de l'Océan. C'est à cet alizé qu'est due la localisation de la cendre non seulement au voisinage du cratère, dans les conditions qui viennent d'être relatées, mais dans un secteur de l'île limité à la même direction, seul il a été dévasté par l'éruption, mais il y a plus. Le 25 août, des cendres sont tombées à Mayotte, qui se trouve à 250$^{km}$ au sud-est de la Grande Comore. C'est la répétition d'un phénomène que j'ai observé à la Martinique, lors de l'éruption de la Montagne Pelée (¹); toutes les fois que les explosions étaient peu intenses, leurs cendres fines étaient entraînées par l'alizé vers le large, dans une direction voisine de l'Ouest. Mais quand ces explosions étaient assez violentes pour permettre à la nuée volcanique d'atteindre et de dépasser l'altitude d'environ 4000$^{m}$, une partie de la cendre était entraînée par le contre-alizé dans la direction de l'Est-Sud-Est. La cendre retombait ensuite peu à peu dans les parties basses de l'atmosphère, où elle était reprise par l'alizé et transportée vers l'Ouest. Après un trajet plus ou moins long à haute altitude, cette cendre, partie du nord de la Martinique, arrivait ainsi sur le sud de l'île, comme si elle avait été émise d'un point situé à l'opposé du volcan.

L'action du vent ne saurait être admise pour expliquer la localisation des bombes à l'ouest de la bouche de sortie du Karthala. Cette disposition ne peut être interprétée que par la position de l'orifice qui a émis les projectiles et qui n'était pas dirigée verticalement. J'ai longuement discuté, à l'occasion de la Montagne Pelée, la réalité de ces projections à trajectoire oblique, qui a été parfois contestée, et qui me semble avoir un caractère de grande fréquence dans nombre de volcans, surtout dans le cas où les phénomènes explosifs sont de courte durée.

Il me reste à signaler une modification topographique intéressante survenue dans le cratère-citerne comme conséquence des explosions. Ses dimensions ont été au moins sextuplées; il a pris une forme elliptique avec grand axe dirigé Nord-Sud; son bord oriental touche aujourd'hui la falaise

---

(¹) *La Montagne Pelée et ses éruptions*, 1904, p. 386.

du grand cratère; son fond est nivelé par des débris. En outre, une nouvelle bouche, indépendante, s'est ouverte un peu plus au Nord.

Quelques mots suffiront pour spécifier les produits de cette éruption. Les échantillons de lave à aspect cordé recueillis au voisinage de la fente sont très vitreux et ne présentent pas de particularités remarquables. L'analyse *a*, due à M. Raoult, jointe à celle (*b*) d'un échantillon recueilli jadis dans le cratère et que j'ai publiée antérieurement ([1]), montre que le magma du Karthala n'offre que de faibles variations chimiques d'une éruption à une autre; il s'agit d'un basalte andésitique renfermant un peu de néphéline virtuelle et apparenté par suite aux basanites.

L'analyse *c* est celle de la cendre fine recueillie sur la côte, elle est un peu moins siliceuse, alumineuse et sodique que la lave récente, mais elle s'en distingue surtout en ce qu'elle est riche en eau et qu'elle contient de l'acide carbonique; en outre, une partie de son fer est peroxydé. Il est évident que ce n'est pas de la lave récente pulvérisée, mais le résultat de la trituration de laves plus anciennes de composition analogue, en partie altérées et provenant de la cheminée du volcan. Telle est d'ailleurs la caractéristique des cendres vulcaniennes de tous les volcans, quand on les compare à leurs produits pyroclastiques émis par des phénomènes stromboliens.

*Analyses.* — *a*, de la lave de 1918, III.5'.'3.4; *b*, d'un bloc de lave plus ancienne du cratère, III.(5)(6).3.4; *c*, de la cendre vulcanienne de 1918.

| | *a.* | *b.* | *c.* |
|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 48,76 | 46,50 | 43,22 |
| $Al^2O^3$ | 12,31 | 14,66 | 11,41 |
| $Fe^2O^3$ | 2,54 | 3,69 | 7,66 |
| FeO | 10,58 | 9,32 | 5,27 |
| MgO | 5,43 | 6,04 | 5,63 |
| CaO | 12,32 | 12,00 | 11,64 |
| $Na^2O$ | 3,44 | 3,33 | 2,51 |
| $K^2O$ | 1,27 | 1,38 | 1,38 |
| $TiO^2$ | 3,16 | 2,29 | 3,19 |
| $P^2O^5$ | 0,39 | 0,41 | 0,75 |
| $H^2O$ + | 0,11 | 0,16 | 2,82 |
| » — | » | 0,10 | 2,71 |
| $CO^2$ | » | » | 1,95 |
| | 100,31 | 99,88 | 100,14 |

([1]) *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 218.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Obtention biochimique du sucre de canne à partir du gentianose.* Note [1] de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel.**

On sait que le gentianose est un trisaccharide formé de l'union de deux molécules de glucose *d* et d'une molécule de lévulose *d* avec élimination de deux molécules d'eau.

Pour hydrolyser biochimiquement le gentianose en ses trois composants, il faut faire intervenir deux ferments : l'invertine et la gentiobiase. L'invertine libère la molécule de lévulose et laisse les deux molécules de glucose combinées sous forme de gentiobiose; celui-ci est alors hydrolysé en ses deux molécules de glucose par la gentiobiase, ferment existant dans l'émulsine des amandes.

Ces réactions successives sont représentées par les équations suivantes :

$$\text{(I)} \qquad \underset{\text{gentianose}}{C^{18}H^{32}O^{16}} + H^2O = \underset{\text{lévulose}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{gentiobiose}}{C^{12}H^{22}O^{11}},$$

$$\text{(II)} \qquad \underset{\text{gentiobiose}}{C^{12}H^{22}O^{11}} + H^2O = \underset{\text{glucose}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{glucose}}{C^6H^{12}O^6}.$$

Dès qu'on eut découvert ce qui précède, on s'est demandé si l'hydrolyse totale du gentianose ne pourrait pas se faire dans l'ordre inverse, en employant la gentiobiase d'abord, puis l'invertine, le premier de ces ferments libérant une molécule de glucose pour laisser une molécule de saccharose (combinaison du glucose avec le lévulose) qu'hydrolyserait ensuite l'invertine.

S'il pouvait en être ainsi, et en ne faisant agir que la gentiobiase sur le gentianose en solution dans l'eau, on devrait observer, dans les propriétés de cette solution, les changements suivants :

Supposons une solution aqueuse de gentianose renfermant, pour $100^{cm^3}$, $5^g,04$ de ce sucre (le centième de la molécule); le pouvoir rotatoire du gentianose étant $+31°,5$, la solution accusera au tube de $0^m,2$ une rotation de

$$+\frac{5,04 \times 2 \times 31,5}{100} = +3°,17.$$

Sous l'action de la gentiobiase, ces $5^g,04$ de gentianose donneront $1^g,80$ de glucose et $3^g,42$ de saccharose, et la solution accusera, à la fin de la

(1) Séance du 28 juin 1920.

réaction, pour $l = 2$, une rotation de

$$\text{glucose}\ \frac{1,80 \times 2 \times 52,5}{100} = +1^\circ,89,$$

$$\text{saccharose}\ \frac{3,42 \times 2 \times 66,6}{100} = +4^\circ,55,$$

c'est-à-dire $+6^\circ,44$. La rotation de la solution aura donc un peu plus que doublé, et il se sera formé $1^g,80$ de sucre réducteur pour $100^{cm^3}$.

Une telle hydrolyse partielle par la gentiobiase a été envisagée comme possible, dès 1900, par MM. Bourquelot et Hérissey qui émirent l'opinion qu'elle expliquerait la présence simultanée du saccharose et du gentianose dans la racine fraîche de gentiane jaune, qu'ils venaient de découvrir ([1]).

Ces auteurs ont essayé, quelque temps après, de la réaliser *in vitro* en faisant agir, à la température du laboratoire, une solution d'émulsine sur une solution de gentianose. Après 94 heures, l'essai a été arrêté et l'on a constaté qu'il s'était produit une faible augmentation de la rotation droite du liquide, et que celui-ci était devenu réducteur ([2]).

Ces résultats étaient d'accord avec un début d'hydrolyse dans le sens supposé; ils permettaient de penser qu'en prolongeant l'expérience, on arriverait, peut-être, à mettre en liberté une quantité de saccharose suffisante pour qu'on pût l'extraire et le caractériser. Mais la provision de gentianose se trouvant alors presque épuisée, on dut abandonner cette recherche.

En 1910, ayant eu l'occasion de préparer de notables quantités de gentianose, nous avons fait un nouvel essai en prolongeant considérablement l'action du ferment.

On a mélangé $50^{cm^3}$ de solution de gentianose à $10^g,5$ pour $100^{cm^3}$ ($\alpha = +6^\circ 36'$ pour $l = 2$) et $50^{cm^3}$ d'une solution d'émulsine à $4^g$ pour $100^{cm^3}$ ($\alpha = -1^\circ 48'$ pour $l = 2$). Ce mélange, abandonné à la température du laboratoire, a accusé successivement les rotations suivantes ($l = 2$) :

| | |
|---|---|
| Rotation initiale (7 juin 1910) | $+2^\circ 24'$ |
| Rotation après 17 jours (24 juin) | $+2^\circ 58'$ |
| » 30 » (7 juillet) | $+3^\circ 26'$ |
| » 48 » (25 juillet) | $+3^\circ 40'$ |
| » 54 » (10 août) | $+3^\circ 32'$ |

([1]) *Sur la présence simultanée du saccharose et du gentianose dans la racine fraîche de gentiane* (*Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 750).

([2]) Em. Bourquelot et H. Hérissey, *Recherches sur le gentianose* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. 27, novembre 1902).

Sous l'action de l'émulsine, il s'est donc fait une augmentation de la rotation droite de 1°16′ en 48 jours, ce qui indique que la gentiobiase doit hydrolyser directement le gentianose.

La diminution de rotation qu'on a observée à la fin de l'expérience est vraisemblablement due à l'action, sur le saccharose formé, des traces d'invertine qui existent presque toujours dans l'émulsine.

Si l'hydrolyse par la gentiobiase eût été complète, la rotation aurait dû, d'après les calculs exposés plus haut, se rapprocher de + 5°48′. On voit qu'on est resté loin de cette valeur.

On a essayé néanmoins d'extraire le saccharose des produits d'hydrolyse. Par des traitements successifs avec des alcools éthyliques de différents titres, on a obtenu plusieurs produits cristallisés. Aucun d'eux n'était homogène. Ils présentaient tous le phénomène de la multirotation. Un seul avait un pouvoir rotatoire stable supérieur à celui du glucose; il était de + 54°,20 : ce produit pouvait donc renfermer du saccharose.

Cette expérience, sans donner de résultat concluant, avait cependant confirmé l'indication de la première. Elle apprenait, en outre, que si l'on voulait réussir, il était nécessaire, d'une part, d'employer une émulsine sans invertine, celle-ci même à l'état de traces, devant finir, dans une opération longtemps prolongée, par détruire une grande partie du saccharose formé; d'autre part, de trouver un procédé qui, sans dédoubler ce dernier sucre, permît d'éliminer le glucose libéré dont la présence devait être un obstacle à son extraction à l'état de pureté.

Nous avons donc recommencé l'expérience en 1920, en tenant compte de ces enseignements. Ainsi, nous avons employé de l'émulsine préparée spécialement avec un lot d'amandes débarrassées de toutes celles qui présentaient la moindre trace d'altération (¹), et, pour enlever le glucose, nous avons eu recours au procédé que nous avons décrit récemment, qui consiste à faire passer ce glucose à l'état de méthylglucoside β à l'aide de l'émulsine (²).

On a mélangé $73^{cm^3}$ d'une solution de gentianose à $13^g,4426$ pour $100^{cm^3}$ ($\alpha = +8°12'$ pour $l = 2$) avec $73^{cm^3}$ d'une solution d'émulsine à $4^g$

(¹) On aurait pu se débarrasser de l'invertine plus simplement, en laissant l'émulsine en contact, pendant quelques heures, avec l'alcool méthylique à 70 pour 100, alcool qui détruit le premier de ces ferments sans toucher au second [Em. Bourquelot et M. Bridel, *Action de l'invertine sur le sucre de canne dans des alcools méthylique et éthylique de différents titres* (*J. de Ph. et de Ch.*, 7e série, t. 9, 1914, p. 321)].

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 631.

pour $100^{cm^3}$ ($\alpha = -1°24'$). Le mélange accusait au départ, pour $l=2$, une rotation de $+3°24'$ et ne réduisait pas la liqueur cupro-potassique (25 janvier 1920).

Théoriquement, pour une hydrolyse complète par la gentiobiase, la rotation devait passer à $+7°54'$ et il devait se former $2^g,4004$ de glucose pour $100^{cm^3}$ : soit une augmentation de $4°30'$ correspondant à un indice de réduction de 533, l'indice du gentiobiose étant de 478.

26 jours après (15 février), la rotation s'était élevée à $+6°48'$ ayant augmenté de $3°24'$ et il s'était fait $2^g,9705$ de sucre réducteur pour $100^{cm^3}$, c'est-à-dire plus que ne le prévoit la théorie. Malgré les précautions prises, l'émulsine employée renfermait donc encore de l'invertine, laquelle, sans doute, avait hydrolysé un peu du saccharose formé.

On a laissé l'action se prolonger encore 26 jours; mais pendant cette nouvelle période, la rotation a diminué de $56'$, le sucre réducteur ayant augmenté de $0^g,5572$ pour $100^{cm^3}$, ce qui correspond à un indice de 597, c'est-à-dire à l'indice du saccharose (indice théorique $= 603$). Par conséquent, l'invertine seule avait agi en hydrolysant $0^g,5293$ du saccharose formé, et il fallait se hâter d'arrêter l'expérience.

On a fait tomber le liquide fermentaire dans $500^{cm^3}$ d'alcool à 95° bouillant, et l'on a maintenu l'ébullition pendant 20 minutes. On a filtré et l'on a évaporé le liquide à sec sous pression réduite. L'extrait résiduel a été repris par de l'alcool méthylique à 70 pour 100 en poids, en quantité suffisante pour faire $100^{cm^3}$. La solution méthylique accusait une rotation de $+9°10'$ et renfermait $4^g,5076$ de sucre réducteur pour $100^{cm^3}$. On a ajouté $1^g$ d'émulsine.

Sous l'influence du ferment, le glucose s'est combiné à l'alcool méthylique pour former du méthylglucoside β et, à la fin de la réaction, la rotation de la solution avait passé de $+9°10'$ à $+3°10'$ et la proportion de sucre réducteur était tombée à $1^g,6024$ pour $100^{cm^3}$ : $2^g,9052$ de glucose s'étaient combinés à l'alcool.

On a filtré et distillé à sec sous pression réduite; on a épuisé le résidu par l'éther acétique hydraté bouillant, de façon à enlever le méthylglucoside β. On a traité ensuite, à l'ébullition, le produit insoluble dans l'éther acétique par de l'alcool absolu, puis par de l'alcool à 95°. Par refroidissement, le sucre de canne a cristallisé dans les deux dissolvants. On en a obtenu $2^g,08$ que l'on a fait recristalliser dans l'alcool à 95°. Ce produit séché à l'air présentait un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = +66°,23$.

On en a fait une solution aqueuse à $2^g,1546$ pour $100^{cm^3}$, à laquelle on a

ajouté un volume égal de solution d'invertine à 4 pour 100. La rotation a passé en 20 heures de $+1^\circ 26'$ à $-26'$ et il s'est fait $1^g,134$ de sucre réducteur pour $100^{cm^3}$, ce qui correspond à un indice de 607 (déplacement de $112'$ pour $1^g,134$ de sucre interverti formé).

Le produit obtenu était donc bien du sucre de canne.

En résumé, il est aujourd'hui démontré que, comme on l'avait primitivement pensé, l'hydrolyse totale du gentianose peut être effectuée en faisant agir d'abord l'émulsine (gentiobiase), puis l'invertine. Avec l'émulsine, il se fait du glucose, qui a été séparé à l'état de méthylglucoside β, et du saccharose qu'on a pu retirer à l'état pur et cristallisé. Si l'on n'a pas réussi, il y a vingt ans, à réaliser cette réaction, c'est, qu'à cette époque, nous hésitions à prolonger les actions fermentaires, et que, précisément l'hydrolyse du gentianose (du gentiobiose combiné) par la gentiobiase est beaucoup plus lente que celle du gentiobiose libre. On retrouve ici un phénomène du même ordre que celui que nous avons observé en étudiant l'action de l'invertine sur le saccharose combiné et sur le saccharose libre : l'invertine agit bien plus lentement sur le premier (dans le gentianose par exemple) que sur le second [1].

OPTIQUE. — *Sur l'application des méthodes interférentielles aux mesures astronomiques.* Note [2] de M. **A.-A. Michelson**.

Un article publié dans le *Philosophical Magazine* de juillet 1896 décrit une méthode de mesure de la grandeur apparente d'objets astronomiques, tel que le diamètre des planétoïdes, des satellites, la distance apparente des astres doubles, etc., même quand ces mesures sont hors de la capacité des plus grands télescopes. Et même il ne semblait pas tout à fait impossible que, par une telle méthode, on puisse mesurer le diamètre des astres fixes.

En quelques mots, le procédé consiste à utiliser seulement deux parties d'un grand objectif aux extrémités d'un diamètre. Les franges d'interférence au foyer seront, en ce cas, une série de bandes équidistantes, qui ont leur maximum de netteté lorsque la source ne présente qu'un angle infinitésimal.

Pour un objet de grandeur apparente appréciable, la netteté est moindre

---

(1) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Action de l'invertine sur les polysaccharides dérivés du lévulose* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1060).

(2) Séance du 21 juin 1920.

et peut même devenir zéro, la relation exacte étant exprimable aussitôt que l'on connaît la distribution d'intensité de la source. Réciproquement, étant donnée la netteté ou la visibilité V des franges d'interférence, on peut calculer la distribution.

Ainsi, soient $\varphi(\alpha)\,d\alpha$ l'intensité d'une bande de la source de largeur angulaire $d\alpha$, $s$ la distance entre les deux fentes qu'on applique devant l'objectif :

$$P = \int \varphi(\alpha)\,d\alpha,$$

$$C = \int \varphi(\alpha)\,d\alpha \cos 2\pi \frac{s}{\lambda}\alpha \quad \text{et} \quad S = \int \varphi(\alpha)\,d\alpha \sin 2\pi \frac{s}{\lambda}\alpha.$$

La visibilité est donnée par l'expression

$$V = \frac{\sqrt{C^2 + S^2}}{P}.$$

Par exemple pour un astre binaire, dont l'intensité des éléments est dans le rapport de 1 à $r$ et dont l'écart angulaire est $\alpha$,

$$V = \frac{\sqrt{1 + r^2 + 2r\cos 2\pi \frac{s}{\lambda}\alpha}}{1 + r}.$$

Pour des intensités égales, cette expression se réduit à $V = \cos\pi\frac{s}{\lambda}\alpha$, et devient nulle pour $\alpha = \frac{\lambda}{2s}$, $\lambda$ étant la longueur moyenne d'onde de la lumière de la source.

Par conséquent, un angle $\alpha$ peut être mesuré avec une précision considérable, même quand le télescope dont on se sert sépare à peine des astres doubles qui présentent un angle deux fois plus grand.

De plus, par une comparaison de la visibilité au maximum $V_1$ et au minimum $V_2$, on déduit la luminosité relative des composants

$$r = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2}.$$

Pour un disque uniforme

$$V = \int_0^1 \sqrt{1 - \varpi^2}\cos n\varpi\,d\varpi,$$

$n$ étant égal à $\pi\frac{s}{\lambda}\alpha$, et $\alpha$ étant le diamètre apparent de l'astre.

Pour un tel objet, les franges disparaissent pour $\alpha = 1,22\frac{\lambda}{s}$.

Une série d'observations des satellites de Jupiter faite au Lick Observatory confirma complètement l'exactitude de la méthode et la possibilité de l'appliquer.

Il est évident que, selon toutes probabilités, les astres fixes présentent un diamètre inférieur à $\frac{1}{100}$ de seconde, et qu'il serait impossible de mesurer des quantités de cet ordre, même avec l'aide du plus grand télescope; car, pour résoudre un tel angle, un objectif de $10^{m}$ serait indispensable [1].

Quoiqu'un télescope d'une telle grandeur soit tout à fait hors de question, l'inféromètre, disposé comme il est figuré dans l'article cité, pourrait servir, puisqu'il n'y a pas de limite théorique de l'efficacité de l'instrument.

En pratique, une limite peut exister, dépendant des irrégularités atmosphériques.

Pour mettre à l'épreuve l'effet de ces perturbations, il fut décidé de se servir du réfracteur de $100^{cm}$ appartenant au Yerkes Observatory, muni de deux fentes aux extrémités d'un diamètre. Le résultat fut très satisfaisant; les franges d'interférence restant remarquablement fixes, même quand les conditions de netteté pour les observations usuelles étaient relativement inférieures (2 à 3 sur une échelle notant 5 pour excellent).

Sur l'invitation du D^r George Hale, l'essai fut répété au Mount Wilson Observatory, premièrement avec un réflecteur de $150^{cm}$, puis avec le grand réflecteur de $250^{cm}$.

Les deux expériences confirmèrent largement celles faites au Yerkes Observatory.

Avec le télescope de $150^{cm}$, comme aussi avec celui de $100^{cm}$, les fentes étaient appliquées directement devant l'objectif; mais, au lieu de suivre ce procédé dans le cas du télescope de $250^{cm}$, il était plus commode et également efficace de placer un écran avec deux fentes près de l'oculaire; la distance et l'orientation étant ainsi mieux contrôlées, la grandeur et la séparation des deux faisceaux de lumière interférents restant les mêmes.

Les franges d'interférence, dans les deux expériences, restaient remarquablement fixes et claires, tandis que les images très agrandies de l'astre *bouillaient* excessivement, la visibilité (*seeing*) étant seulement de l'ordre de 2 sur une échelle de 10.

---

(1) Cependant il serait possible d'observer une diminution de visibilité des franges avec un objectif de $2^{m}$ de diamètre.

Même quand la visibilité n'est que 1 sur 10 (les observations usuelles sont alors inutiles), les franges restent encore bien visibles.

Voici un résumé des résultats obtenus, par ce procédé, par M. J. A. Anderson, de l'Observatoire Mount Wilson :

*Résultats d'observations de* Capella *avec l'interféromètre de Michelson.*

| Date de l'observation. | | | Angle de position. | Distance. |
|---|---|---|---|---|
| 1919 | Décembre | 30 | 148°,0 | 0″,0418 |
| 1920 | Février | 13 | 5,0 | 0,0458 |
| » | » | 14 | 1,0 | 0,0451 |
| » | » | 15 | 356,4 | 0,0443 |
| » | Mars | 15 | 242,0 | 0,0505 |

Les constantes de l'ellipse apparente qui satisfont à ces observations sont les suivantes :

| | |
|---|---|
| Demi-grand axe | 0″,0511 |
| Demi-petit axe | 0″,0417 |
| Angle de position du grand axe | 49°,2 |

L'orbite spectroscopique étant pratiquement un cercle ($e = 0,016$), l'angle du plan de l'orbite et du plan tangent à la sphère céleste est 35° (ou mieux 145°, puisque le mouvement est rétrograde).

Parallaxe de *Capella* un peu inférieure à ........ 0″,050

Il faut conclure de ces résultats qu'on peut compter sur un degré d'exactitude de $\frac{1}{1000}$ de seconde d'arc avec une base de 250$^{cm}$.

Dans ces observations, la distance entre les fentes était fixe, la disparition des franges étant déterminée par l'orientation. La disparition des franges dans les observations sur *Capella* est une preuve de l'égalité des composants; autrement on observerait un minimum, dont on pourrait déduire le rapport des luminosités des composants, comme il a été indiqué à propos de l'expression de $r$.

Pour cela cependant, il faut mesurer la visibilité, ou du moins l'estimer à l'œil préalablement accoutumé à ce genre de mesures.

De telles mesures pouvaient être effectuées par le réglage de la grandeur relative de deux fentes auxiliaires, ce qui donnerait la visibilité d'un astre de comparaison (ou de l'astre binaire dans une direction perpendiculaire au plan des composants).

Quand la visibilité des deux systèmes est égale, $\rho$ étant le rapport des

grandeurs des fentes,

$$V = \frac{2}{\rho + \frac{1}{\rho}}.$$

D'autres problèmes qui exigent la comparaison de deux astres, tels que la mesure des parallaxes stellaires, du mouvement propre, de la variation de latitude, etc., peuvent être attaqués par une modification de la méthode interférentielle. Pour cela, deux prismes ou deux couples de prismes sont placés, orientés de la même façon, devant les fentes, le plan de réfraction étant parallèle à celui qui passe par les deux fentes et l'axe. Ce plan est tourné de façon à coïncider avec le plan des astres.

La réfraction des prismes est réglée (par rotation des prismes simples dans le même plan, ou par rotations égales et opposées des éléments des couples de prismes) jusqu'à superposition des deux systèmes de franges. Un changement de position relative des astres est accusé par une altération correspondante de l'apparence des franges, qu'on ramène à l'état initial par rotation des prismes; et de cette rotation on déduit le mouvement relatif.

Des préparatifs sont en progrès à Mount Wilson pour essayer cette méthode avec un interféromètre de $5^m,50$ à $6^m$ de base, et, si les résultats sont suffisamment encourageants, on continuera des essais sur une échelle encore plus grande.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence et les faciès de divers étages jurassiques dans la province de Tarragone (Catalogne).* Note [1] de MM. **W. Kilian** et **P. Fallot** [2].

Le Dr M. Faura y Sans, directeur du Service de la Carte géologique de Catalogne, a bien voulu nous communiquer des lots de fossiles provenant des terrains jurassiques de la province de Tarragone, et recueillis par le regretté chanoine Almera, par M. Faura y Sans lui-même, ainsi que par ses élèves, les Drs Bataller et Vilaseca.

Les gisements jurassiques étudiés se répartissent tous dans la bande mon-

(1) Séance du 28 juin 1920.

(2) Les déterminations ont été faites au Laboratoire de Géologie, à l'Université de Grenoble, par MM. W. Kilian et P. Fallot; la comparaison avec les matériaux recueillis par ce dernier aux îles Baléares a permis de préciser notablement les conclusions de cette étude.

tagneuse qui sépare le bassin tertiaire de l'Èbre de la côte de la Méditerranée. L'un, celui du cap Salou, est situé à quelques kilomètres au sud-ouest de Tarragone; les autres sont groupés aux abords du cours de l'Èbre, entre la Sierra de Cardó et Tortosa (Sierra de Tivissa, Tivenys, Carlades, etc.).

L'examen des intéressants matériaux provenant de ces diverses localités nous a permis de distinguer les faunes suivantes :

I. Sierra de Tivissa : *Cadomites Humphriesianus* Sow. sp., *Garantia Garantiana* d'Orb. sp., *Strenoceras Niortense* d'Orb. sp., *Strigoceras Truellei* d'Orb. sp., *Lissoceras Oolithicum* d'Orb. sp.

Cette faune bajocienne est accompagnée de Brachiopodes (*Magellania resupinata* Sow. sp., *Terebratula subpunctata* Sow.) qui, appartenant au Lias à « faciès espagnol » (Choffat), proviennent sans doute d'un niveau inférieur.

II. A Mas Ramé (Capsanes) : *Witchellia* cf. *laeviuscula* Sow. sp., *Cadomites Bigoti* Mun.-Chalm. sp., *Cadomites turgidulus* Quenst sp., *C. pyritosus* Quenst sp., *C. pinguis* Quenst sp., *C. planula* Quenst sp.; *C. Humphriesianus* Sow. sp., *C. Braikenridgei* Sow. sp., *Sonninia* cf. *Sowerbyi* Miller sp., *S.* cf. *corrugata* Sow. sp. (non Douv.), *Hyperlioceras* sp., *Lioceras concavum* Sow. sp., *Belemnites* sp., représentent le Bajocien avec ses divers niveaux.

Cette faune est accompagnée d'un lot de Brachiopodes et de Bivalves du Lias à « faciès espagnol » qui proviennent de gisements voisins et parmi lesquels nous pouvons citer : *Rhynchonella tetraedra* Sow. sp., *Magellania Cor* Lmk sp., *M. resupinata* Sow. sp., *M. Moorei* Sow. sp., *M. indentata* Sow. sp., *Terebratula punctata* Sow. sp., *T. subpunctata* Sow. sp., *T. subovoides* Roem. sp., *Modiola Thiollerei* Dum. et Font., *Harpax pectinoides* Lmk sp., *Pinna inflata* Sow. sp., *Pecten acutiradiatus* Munst., *Pholadomya Idea* d'Orb., *Pholadomya Murchisoni* Sow., *Mytilus* cf. *gryphoides* Schloth; *Cardium cucullatum* Goldf. ; enfin un exemplaire isolé de *Hecticoceras punctatum* Stahl sp. prouverait que le Callovien est aussi représenté dans ce gisement.

III. A Cardo : les savants espagnols ont recueilli : *Sphaeroceras Brongniarti* Sow. sp., *Garantia baculata* Sow. sp., *G. Garantiana* d'Orb. sp., *Cadom. Brakenridgei* Sow. sp., *Patoceras annulatum* d'Orb. sp., *Lissoceras colithicum* d'Orb. sp., *Lissoceras* cf. *psilodiscus* Schloenb. sp., *Oppelia subradiata* Sow. sp.

A ce Bajocien bien individualisé fait suite un Bathonien où nous avons reconnu *Oppelia fusca* Waag. sp., puis du Callovien caractérisé par *Macrocephalites* cf. *tumidus* Rein. sp., *Perisph.* gr. de *P. patina* Neum. qui se trouve au Coll de Cardo. Par contre, le Lias à Brachiopodes n'est représenté dans la Sierra de Cardo que par quelques exemplaires de *Rhynchonella* cf. *Deffneri* Opp.

IV. Tivenys : Bajocien avec *Cadomites* cf. *Broodiaei* Sow. sp., *Garantia Garantiana* d'Orb. sp., *Cosmoceras* sp., *Patoceras* sp., *Perisphinctes Martinsi* d'Orb. sp., *Posidonomya* cf. *Alpina* A. Gras, *Astarte* sp.

V. Tortosa : *Reineckeia Revili* Par. et Bon., *R.* cf. *Straussi* Weith., *R. anceps* Rein sp., *Sphaeroceras platystoma* Rein. sp., *Perisph.* gr. de *funatus* Opp., *Stepheoceras coronatum* Brug sp., *Phylloceras* sp. Cette faune est nettement callovienne. Au Coll de l'Arila on retrouve le Lias avec *Mag. resupinata* Sow. sp., *Rh. curviceps* Quenst sp., *Rh. gryphitica* Quenst sp. et *Rh. tripartita* Quenst sp.

Des listes qui précèdent on peut tirer les conclusions suivantes :

A. Lias. — Le Lias est représenté dans la région de Tortosa par des marnes à Brachiopodes. C'est le « Faciès espagnol », de Choffat, qui se retrouve dans les Montes Universales, dans la province de Logroño et jusque dans la région cantabrique, alors que dans la chaîne bétique il est remplacé, soit par des calcaires blancs zoogènes à *Pygope Aspasia* (1) Mgh. sp., soit par des calcaires analogues à ceux de l'*Ammonitico rosso*, d'Italie. On trouve, dans ces derniers, de rares Brachiopodes d'un type très spécial (*Magellania*) *Partschi* Opp. sp., *M. Hierlatzica* Opp. sp., *Pygope Aspasia* Mgh. sp. (2) ainsi que des Ammonites telles que *Hildoc. Lavinianum* Mgh., var. *conjungens* Fuc., *Harp. celebratum* Fuc., *Lytoc.* cf. *fimbriatum* Sow. sp. Quant à Majorque et Minorque, on sait depuis Hermite que le Lias y est représenté, dans des localités peu étendues, sous son faciès à Brachiopodes. Mais, dans ces îles, la majeure partie des assises, que leurs fossiles permettent d'identifier avec le Jurassique inférieur, sont des marno-calcaires aaléniens où abondent *Haplopleuroceras subspinatum* Buck., *Ludwigia* cf. *rudis* Buck., *Ludw. attenuata* Buck., *L. litterata* Buck., *Ludwigia cornu* Buck., *Lioc. concavum* Sow. sp. *Poecilomorphus infernensis* Roman, *Sonninia dominans* Buck, etc. Ce Lias à Ammonites de Majorque semble du reste appartenir, ainsi que l'a observé l'un de nous, à des éléments tectoniquement supérieurs à ceux qui comportent du Lias à Brachiopodes.

B. Bajocien. — La faune très homogène, mentionnée dans les divers gisements énumérés ci-dessus, correspond à une remarquable unification du faciès à Céphalopodes qui se fait sentir dans l'Oolithique inférieur en de nombreux points de la région thyrrénienne, de la péninsule espagnole, de Majorque et de l'Afrique septentrionale qui se traduit par l'association

(1) Kilian et Bertrand, *Mission d'Andalousie* (*Mém. Acad. des Sciences*, p. 413 à 419).

(2) Daniel Jemenez de Cisneros, *Sobre la existencia en España de la* Zeilleria Hierlatzica (*Opp. Bol. Real Soc. Esp. Hist. nat.*, t. 19, 1919, p. 348).

de formes Ammonitidés de Souabe et de Normandie avec des types méditerranéens des Basses-Alpes.

C. Bathonien. — Si, aux environs de Tortosa, le Bathonien montre également son faciès à Céphalopodes, un remarquable *épisode néritique* à Brachiopodes rappelant le type jurassien se présente à sa partie supérieure au cap de Salou. Le fait mérite d'autant plus d'être signalé que, généralement, ce niveau n'est représenté que par son type à Ammonites, soit dans la chaîne Bétique, soit dans les Montes Universales.

D. Callovien. — Les faunes variées à Céphalopodes du cap Salou et de la Font de Carlades correspondent à celles que Dereims avait reconnues vers Jabaloyas, Noguerra et Albarracin. Ce n'est par contre que d'une façon incertaine que cet étage a été signalé dans les Baléares.

E. Jurassique supérieur. — Le gisement de la Font de Carlades atteste l'existence des étages supra-jurassiques de l'Oxfordien au Séquanien, avec un faciès à Céphalopodes rappelant le type classique de la montagne de Crussol.

Le Kimméridgien et le Tithonique (Portlandien) ne sont pas représentés dans les séries de fossiles qui nous ont été soumises.

PHYSIQUE. — *Observations à une Note récente sur l'expérience de Michelson.* Note [1] de M. **Auguste Righi**.

Dans la séance du 17 mai, M. Bouty a présenté à l'Académie une Note dans laquelle son auteur, M. Villey, après avoir reconnu l'exactitude des formules et de la théorie que j'ai données pour expliquer l'expérience de Michelson, croit pouvoir déduire de cette même théorie la conclusion, que le déplacement de franges égal à $2l\rho^2 : \lambda$ fois leur intervalle doit avoir lieu, si l'on a incliné d'un angle $\mu$ un des miroirs $B_1$ à partir de l'orientation exacte.

Pour arriver à cette curieuse conséquence, M. Villey a dû introduire des approximations illicites, comme celle de supposer parallèles les deux images virtuelles de la source fonctionnant comme sources conjuguées pour la formation des franges d'interférence; ce qui constitue une erreur équivalente à celle commise par Michelson et Morley, lorsqu'ils ont admis que la déviation, due à la translation, du rayon réfléchi par la lame inclinée

(1) Séance du 14 juin 1920.

est $\rho$ et non $\rho + \frac{1}{2}\rho^2$. C'est à cela que tient la diversité entre les prévisions de Michelson et Morley et la mienne sur l'effet que doit produire la rotation de 90° dans l'expérience classique. En effet suivant la théorie que je juge exacte, ce qui fait disparaître le déplacement $2l\rho^2 : \lambda$ c'est précisément l'inclination mutuelle des deux images, qui dans la théorie de Michelson n'existe pas. Cette inclination produit un effet qui compense exactement celui de la différence de marche entre les deux ondes interférentes. Pour plus de clarté, le lecteur peut consulter ma Note du 22 avril 1919, celle-là même que cite M. Villey.

En outre, ce physicien croit pouvoir admettre que la différence de phase entre les ondes interférentes dans le cas où un des miroirs $B_1$ a été déplacé conserve la valeur qu'elle avait lors de l'orientation juste des miroirs; et cela n'est pas. Mais il est juste de noter que c'est là à peu près ce qui a été fait jusqu'ici par la plupart de ceux qui ont voulu rendre compte de la prévision de Michelson.

Enfin, je dois rappeler avoir démontré des formules particulières servant à calculer le déplacement des franges dans le cas où un des miroirs $B_1$ a été déplacé d'un angle $\mu$, et avoir montré comment on peut instituer ainsi des expériences décisives. Le déplacement ainsi évalué dépend de $\rho$, mais plus encore de $\mu$, et n'a rien à faire avec la valeur prévue par Michelson.

C'est presque à regret que je présente ces objections à M. Villey, qui a si favorablement accepté ma théorie.

M. E. **Ariès** fait hommage à l'Académie d'un fascicule qu'il vient de publier sous le titre : *Thermodynamique. Propriétés générales des fluides.*

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Leçons sur les fonctions automorphes : fonctions automorphes de n variables; fonctions de Poincaré*, par Georges Giraud.

2° *Contributions à l'étude de la vie vertébrée insulaire dans la région méditerranéenne occidentale et particulièrement en Sardaigne et en Corse*, par E.-G. Dehaut. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles mesurables* B.
Note [1] de M. **W. Sierpinski.**

Le but de cette Note est de démontrer l'invariance topologique des classes des ensembles mesurables B. Plus précisément, il s'agit de démontrer (pour une classification convenable des ensembles mesurables B) que *toute transformation biunivoque et bicontinue transforme tout ensemble mesurable* B *de classe $\alpha$ en un ensemble de même classe* (quel que soit $\alpha$).

Il existe, comme on sait, plusieurs classifications des ensembles mesurables B. Nous prendrons ici celle de M. Hausdorff [2].

Les ensembles ouverts (c'est-à-dire ceux qui ne contiennent aucun point de leurs frontières) dans l'espace euclidien à un nombre quelconque de dimensions constituent la classe 1.

Si $\alpha$ est un nombre ordinal pair ($\alpha = 2\beta$), la classe $\alpha$ est formée de tous les ensembles qui ne sont pas de classes inférieures à $\alpha$ et qui sont produits d'une infinité dénombrable d'ensembles de classes $< \alpha$.

Si $\alpha$ est un nombre ordinal impair ($\alpha = 2\beta + 1) > 1$, la classe $\alpha$ est formée de tous les ensembles qui ne sont pas de classes inférieures à $\alpha$ et qui sont sommes d'une infinité dénombrable d'ensembles de classes $< \alpha$.

L'invariance topologique des ensembles ouverts est démontrée par M. Brouwer [3]. Il suffira donc de démontrer notre théorème pour $\alpha > 1$.

Les ensembles de classe 2 dans notre classification sont connus sous le nom d'ensembles $G_\delta$ et ont été étudiés sous plusieurs aspects par MM. W. H. Young, Hausdorff et Mazurkiewicz. Ce dernier a démontré que les ensembles homéomorphes avec les ensembles $G_\delta$ sont des ensembles $G_\delta$ [4]. C'est une modification et une généralisation convenables du raisonnement de M. Mazurkiewicz qui permettra de démontrer notre théorème.

Soit $\alpha$ un nombre ordinaire donné $> 1$. Il est bien évident qu'on peut obtenir tout ensemble de classe $\leq \alpha$ en effectuant, suivant une loi déterminée ne dépendant que de $\alpha$, une infinité dénombrable d'additions ou de

---

(1) Séance du 31 mai 1920.

(2) *Math. Ann.*, t. 77, 1916, p. 430. Quant aux autres classifications, nous les traiterons dans un Mémoire qui paraîtra dans un autre Recueil.

(3) *Math. Ann.*, t. 71, 1912.

(4) S. Mazurkiewicz, *Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie*, 1916.

multiplications à partir des ensembles ouverts. Plus précisément, il existe pour tout nombre ordinal $\alpha > 1$ une fonction d'une infinité dénombrable de variables, $\Phi_\alpha(G_1, G_2, G_3, \ldots)$, qui donne tout ensemble de classe $\leqq \alpha$ si l'on substitue à $G_n$ des ensembles ouverts convenables, et qui ne donne que les ensembles de classe $\leqq \alpha$ (ou des ensembles vides) quand les $G_n$ sont des ensembles ouverts quelconques [1]. De plus, pour $\alpha > 1$ nous pouvons supposer la fonction $\Phi_\alpha$ telle que tout point $p$ qui appartient à l'ensemble

$$E = \Phi_\alpha(G_1, G_2, G_3, \ldots),$$

appartient à une infinité des ensembles $G_n$.

On voit aussi sans peine que si

$$P = \Phi_\alpha(G_1, G_2, G_3, \ldots), \qquad Q = \Phi_\alpha(\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \ldots)$$

et si, $p$ étant un point de P, $q$ est un point qui appartient à $\Gamma_k$ pour tout indice $k$ pour lequel $p$ appartient à $G_k$, alors $q$ est un point de Q.

Soit maintenant $P = \Phi_\alpha(G_1, G_2, G_3, \ldots)$ un ensemble donné de classe $\alpha > 1$, Q son image biunivoque et bicontinue. Nous désignerons respectivement par $\varphi(p)$, $\varphi(M)$ les images dans Q du point $p$ de P, et du sous-ensemble M de P, et par $\psi(g)$, $\psi(N)$ les images inverses.

Soit $k$ un indice donné, $p$ un point de $PG_k$, $q = \varphi(p)$. La correspondance entre P et Q étant bicontinue et $p$ étant intérieur à $G_k$ (puisque $G_k$ est un ensemble ouvert contenant $p$), il existe une sphère $\Sigma$ de rayon $< k^{-1}$, ayant $p$ pour centre et telle que l'ensemble $\psi(Q\Sigma)$ est contenu dans une sphère (fermée) S contenue dans $G_k$. Soit $\Gamma_k$ la somme d'intérieurs de toutes les sphères $\Sigma$ correspondant ainsi aux points $p$ de $PG_k$ : ce sera donc un ensemble ouvert. Posons

$$E = \Phi_\alpha(\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \ldots),$$

ce sera un ensemble de classe $\leqq \alpha$. Nous démontrerons que $E = Q$.

Soit $q$ un point de Q, $k$ un indice donné tel que $p = \psi(q)$ appartient à $G_k$. Il résulte immédiatement de la définition de $\Gamma_k$ que $q$ appartiendra à $\Gamma_k$. Le point $q$ appartient donc à $\Gamma_k$ si $p$ appartient à $G_k$; $p = \psi(q)$ étant un point de $P = \Phi_\alpha(G_1, G_2, \ldots)$, il en résulte, comme nous savons, que $q$ est un point de $E = \varphi_\alpha(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots)$. Donc tout point de Q appartient à E.

Soit maintenant $g$ un point de E, $\varepsilon$ un nombre positif donné. D'après

---

(1) Nous ne savons pas d'ailleurs déterminer une loi d'après laquelle à tout nombre $\alpha$ correspondrait une telle fonction $\Phi_\alpha$.

la propriété de $\Phi_\alpha$, le point $g$ appartenant à E, appartient à une infinité d'ensembles $\Gamma_n$. Il existe donc un indice $k$ tel que $k\varepsilon < 1$ et que $g$ appartient à $\Gamma_k$. Or il résulte de la définition de $\Gamma_k$ que $g$ est intérieur à une sphère $\Sigma$ de rayon $< k^{-1}$ dont le centre $q$ est un point de Q. La distance entre $q$ et $g$ sera donc $< \varepsilon$. Donc $g$ est un point d'accumulation de Q. Il existe donc une suite infinie $q_n$ de points de Q convergente vers $g$. Posons $p_n = \psi(q_n)$. Je dis que la suite $p_n$ est bornée. En effet, soit $k$ un indice tel que $g$ appartient à $\Gamma_k$, $\Sigma$ une sphère de rayon $< k^{-1}$, dont $g$ est un point intérieur. Pour $n$ suffisamment grand, les points $q_n$ (qui convergent vers $g$) seront donc intérieurs à $\Sigma$, et par suite les points $p_n = \psi(q_n)$ seront contenus dans une sphère S (contenue dans $G_k$). Il en résulte que la suite $p_n$ est bornée. On peut donc extraire de la suite $p_n$ une suite convergente : soit $p'_n$ cette suite et posons $p = \lim\limits_{n=\infty} p'_n$, $q'_n = \varphi(p'_n)$. La suite $q'_n$ sera évidemment extraite de la suite $q_n$ et nous aurons $\lim\limits_{n=\infty} q' = g$. Je dis que $p$ est un point de P.

En effet, soit $k$ un indice tel que $g$ appartienne à $\Gamma_k$, $\Sigma$ une sphère dont $g$ est un point intérieur, telle que l'ensemble $\psi(Q\Sigma)$ soit contenu dans une sphère S contenue dans $G_k$ (l'existence d'une telle sphère résulte de la définition de $\Gamma_k$). Le point $g$ étant intérieur à $\Sigma$, les points $q'_n$ aux indices suffisamment grands appartiendront à $\Sigma$, donc à $Q\Sigma$, et par suite les points correspondants $p'_n$ à S. Donc (S étant fermé) $p = \lim p'_n$ sera un point de S, donc aussi de $G_k$.

Le point $p$ appartient donc à $G_k$, si $g$ appartient à $\Gamma_k$; $g$ étant un point de $E = \Phi_\alpha(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots)$ il en résulte que $p$ est un point de $P = \Phi_\alpha(G_1, G_2, \ldots)$. D'après $\lim\limits_{n=\infty} p'_n = p$ et $\lim\limits_{n=\infty} \varphi(p'_n) = \lim\limits_{n=\infty} q'_n = g$, la fonction $\varphi$ étant continue dans P, il résulte que $g = \varphi(p)$ : donc $g$ est un point de Q. Nous avons donc démontré que tout point de E appartient à Q.

Donc Q = E. Par conséquent Q est un ensemble de classe $\leqq \alpha$.

Nous avons ainsi démontré que la classe de l'ensemble Q n'est pas supérieure à celle de P. De même on pourrait démontrer que la classe de P n'est pas supérieure à celle de Q. Donc Q est de même classe que P. Notre théorème est ainsi démontré.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur l'applicabilité projective des surfaces* (1). Note (2) de M. E. CARTAN, présentée par M. E. Goursat.

J'ai indiqué dans une précédente Communication les principaux résultats auxquels je suis arrivé dans l'étude de la déformation projective des surfaces non réglées. Avant de passer à ce qui concerne les surfaces réglées, j'ai quelques remarques complémentaires à ajouter relativement aux surfaces non réglées.

La forme différentielle fractionnaire de M. Fubini peut toujours se mettre sous la forme $\frac{\omega_1^3+\omega_2^3}{2\omega_1\omega_2}$, où $\omega_1$ et $\omega_2$ désignent deux expressions différentielles linéaires. Le numérateur et le dénominateur de cette expression sont des invariants projectifs absolus de la surface.

On peut se proposer de chercher toutes les surfaces admettant une forme quadratique $2\omega_1\omega_2$ *donnée à l'avance*. Ces surfaces existent toujours et dépendent de cinq fonctions arbitraires d'un argument; les caractéristiques du système différentiel qui les définit sont, sur chaque surface intégrale, *les lignes asymptotiques et les lignes conjuguées des lignes de Darboux-Segre*. Au contraire, le problème qui consiste à chercher toutes les surfaces admettant une forme cubique $\omega_1^3+\omega_2^3$ donnée à l'avance, est en général impossible et, quand il est possible, il revient au fond au problème de la déformation projective. Enfin, on peut se proposer de chercher toutes les surfaces pour lesquelles l'*équation différentielle*

$$\omega_1^3+\omega_2^3=0 \tag{1}$$

des lignes de Darboux-Segre est donnée à l'avance. Ces surfaces existent toujours et dépendent de cinq fonctions arbitraires d'un argument : les caractéristiques, sur chaque surface intégrale, sont *les lignes asymptotiques et les lignes de Darboux-Segre*. Une classe particulière remarquable est formée des surfaces pour lesquelles l'équation (1) est réductible à la forme $d\xi^3+d\eta^3=0$ : ce sont les surfaces que M. G. Fubini appelle *asymptotico-isothermes*; chacune d'elles admet $\infty^3$ transformations, conservant les lignes de Darboux-Segre (et les lignes asymptotiques).

*Ce qui caractérise les surfaces qui admettent $\infty^2$ réseaux conjugués de défor-*

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1439.
(2) Séance du 28 juin 1920.

*mation projective, c'est* : 1° *leur double propriété d'être asymptotico-isothermes;* 2° *de posséder une forme quadratique* $2\omega_1\omega_2$ *de courbure constante*; cette courbure est égale à $2(2c-1)$, où $c$ est la constante qui figure dans les équations que j'ai données de ces surfaces.

J'arrive maintenant au problème de la déformation projective des surfaces réglées. Il y a à distinguer les surfaces non développables et les surfaces développables.

*Toute surface réglée non développable admet une infinité de déformées projectives, dépendant d'une fonction arbitraire d'un argument.* Étant données deux surfaces applicables, la correspondance ponctuelle qui réalise l'application est, *pour deux génératrices correspondantes*, projective. Il y a exception pour une classe particulière de surfaces réglées, celles dont les génératrices appartiennent à une congruence linéaire. Toutes ces surfaces sont applicables les unes sur les autres, et l'application se réalise de la manière suivante :

Toute surface dont les génératrices appartiennent à une congruence linéaire peut être ramenée à avoir, en coordonnées non homogènes, une équation de l'une des formes

$$y = x\mathrm{Z}, \qquad y = xz + \mathrm{Z},$$

où Z désigne une fonction arbitraire de $z$. Posons, dans le premier cas (conoïdes),

$$\xi = \log(x\sqrt{\mathrm{Z}'}), \qquad \eta = \int\sqrt{\frac{\mathrm{Z}'\mathrm{Z}''' - \frac{3}{2}\mathrm{Z}''^2}{\mathrm{Z}''}}\,dz;$$

dans le second cas,

$$\xi = x + \frac{1}{2}\mathrm{Z}', \qquad \eta = \int\sqrt{\mathrm{Z}'''}\,dz.$$

On définit ainsi un système de coordonnées curvilignes *normales*. Les formules qui réalisent l'application projective de deux de ces surfaces sont

$$\xi' = c^2\xi + a, \qquad \eta' = c\eta + b,$$

avec trois constantes arbitraires, $a$, $b$, $c$.

Surfaces développables. — *Deux surfaces développables quelconques sont toujours projectivement applicables l'une sur l'autre, et la correspondance ponctuelle qui réalise l'application dépend encore de trois fonctions arbitraires d'un argument.* On peut faire correspondre suivant une loi *arbitraire* les

génératrices de la première aux génératrices de la seconde; de plus on peut faire correspondre à deux courbes données sur la première, deux courbes *arbitrairement choisies* sur la seconde; la correspondance ponctuelle entre les deux surfaces est alors parfaitement déterminée par la double propriété d'être *projective* sur deux génératrices correspondantes et de faire correspondre entre eux les points caractéristiques de ces deux génératrices.

Il est à remarquer que si deux surfaces *non développables* sont projectivement applicables, il en est de même de leurs transformées par polaires réciproques. Cette propriété disparaît naturellement dans le cas des surfaces développables.

*Les hypersurfaces de l'espace à $n > 3$ dimensions.* Dans le cas de $n \geqq 4$ dimensions, les hypersurfaces non développables à $n - 1$ dimensions sont toutes *projectivement indéformables*, contrairement à ce que semble croire M. G. Fubini. Au contraire, deux hypersurfaces développables sont en général projectivement applicables, la correspondance qui réalise l'application dépendant encore de *deux* fonctions arbitraires d'un argument (au lieu de *trois* dans l'espace à 3 dimensions).

CHIMIE MINÉRALE. — *Production de chlorures par réactions amorcées.* Note de M. **Ernest Berger**, présentée par M. Georges Lemoine.

La présente Note a pour objet les réactions amorcées ([1]) relatives au déplacement mutuel des corps simples de leurs chlorures et, plus spécialement, la production des chlorures à partir des métaux et des composés chlorés du carbone; je mentionnerai, en outre, l'application pendant la guerre des réactions précédentes à la production des nuages de fumée.

I. Il est classique que l'aluminium déplace un certain nombre de métaux, non seulement de leurs oxydes, mais de leurs chlorures, par réaction amorcée; on fait souvent l'expérience d'allumer un mélange de chlorure de plomb et d'aluminium, par exemple, avec du siliciure de calcium mêlé de salpêtre; je n'en connais pas l'auteur. Des réactions de déplacement analogues peuvent être étendues à de nombreux chlorures de métaux ou de métalloïdes et à d'autres corps simples que l'aluminium. Les chaleurs de formation, dont quelques-unes sont rappelées ci-dessous, permettent de prévoir ces réactions :

---

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1492.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Métalloïdes... | 18,9 cal | pour | $\frac{1}{4}CCl^4$ | Métaux... | 25,7 cal | pour | $\frac{1}{2}CuCl^2$ |
| | 17,9 | » | $\frac{1}{6}C^2Cl^6$ | | 32,1 | » | $\frac{1}{3}FeCl^3$ |
| | 21,8 | » | $\frac{1}{5}PCl^5$ | | 42 | » | $\frac{1}{2}PbCl^2$ |
| | 25,5 | » | $\frac{1}{3}PCl^3$ | | 48,7 | » | $\frac{1}{2}ZnCl^2$ |
| | 23,8 | » | $\frac{1}{3}AsCl^3$ | | 56,3 | » | $\frac{1}{2}MnCl^2$ |
| | 30,5 | » | $\frac{1}{3}SbCl^3$ | | 54 | » | $\frac{1}{3}AlCl^3$ |
| | 32 | » | $\frac{1}{4}SiCl^4$ | | 75,9 | » | $\frac{1}{2}MgCl^2$ |
| | 40,5 | » | $\frac{1}{2}SnCl^2$ | | 95,2 | » | $\frac{1}{2}CaCl^2$ |

*Exemples :* L'aluminium en poudre mélangé à $PCl^5$ s'enflamme spontanément; il réagit par amorçage sur $FeCl^3$, $CuCl^2$, $SbCl^3$; le magnésium est encore plus actif; le manganèse décompose $PbCl^2$ et $CuCl^2$. Le mélange de silicium et de $PCl^5$ brûle lentement en donnant ($SiCl^4 + PCl^3$). Le siliciure de calcium réagit par ses deux éléments sur $PCl^5$; par son calcium seulement sur $PbCl^2$ et $CuCl^2$, etc.

II. Les composés chlorés du carbone, étant données leurs faibles chaleurs de formation, leur bas prix et la grande quantité de chlore qu'ils contiennent (92,2 pour 100 pour $CCl^4$), étaient indiqués pour la production des chlorures par réactions amorcées, mais leur volatilité et leur état liquide fréquent semblaient faire obstacle à leur emploi. Les premiers essais ont montré que $C^2Cl^6$, qui est solide, réagit bien sur de nombreux métaux; j'ai rendu ensuite pratique l'emploi des chlorures liquides en ajoutant un absorbant (kieselguhr, ou sciure de bois sèche). Par exemple : en mélangeant du zinc en poudre avec du tétrachlorure de carbone et 10 à 15 pour 100 de kieselguhr, on obtient une *pâte* qui s'enflamme bien par l'amorce indiquée et brûle en dégageant des vapeurs de $ZnCl^2$ (1).

Ces réactions vives entre composés chlorés du carbone et métaux sont très nombreuses. J'ai employé les chlorures de carbone $CCl^4$, $C^2Cl^6$, $C^6Cl^6$ et, contenant en outre de l'hydrogène, le tétrachloréthane $C^2H^2Cl^4$ et le chloroforme $CHCl^3$; M. Grignard, à qui ces réactions avaient été communiquées en 1916, a employé avec succès le benzène hexachloré $C^6H^6Cl^6$. J'ai vérifié l'action d'un grand nombre de métaux (Ca, Mg, Al, Mn, Cr, Zn, Sn, Fe). La combustion du calcium, mêlé de deux fois son poids de $CCl^4$ et d'un peu de kieselguhr, constitue une superbe expérience : en opérant dans un creuset en tôle, celui-ci est entièrement fondu; le calcium brûle vive-

(1) Une partie de $CCl^4$ échappe ou agit incomplètement. En opérant en atmosphère close, on caractérise de l'hexachloréthane $C^2Cl^6$, produit par action incomplète de Zn (expérience exécutée avec M. Dubrisay).

ment avec une flamme orangée, son chlorure est volatilisé en partie ; avec excès de calcium, il y a formation d'un peu de carbure, ce qu'on reconnaît en traitant par l'eau le résidu (¹). La combustion du magnésium est aussi très vive ; celle de Al, Mn, Cr, Zn est régulière. Au contraire, l'étain et le fer brûlent difficilement dans $CCl^4$ et s'éteignent dans $C^2H^2Cl^4$ ; ils donnent surtout, même avec un excès de $CCl^4$, les chlorures au minimum ; je l'ai vérifié en condensant le chlorure d'étain volatilisé ; avec le fer, la vapeur du chlorure $FeCl^2$ est nettement verte au sortir du creuset, elle brunit à l'air en s'oxydant.

En amorçant avec le kieselguhr, un mélange de $CCl^4$ et de phosphore rouge, ou d'arsenic, ou d'antimoine, on constate que la réaction commence, puis s'arrête. On peut l'entretenir et obtenir les chlorures $PCl^3$, $AsCl^3$, $SbCl^3$, en ajoutant un peu d'aluminium qui fournit le complément de chaleur nécessaire.

Le silicium ne réagit pas sur $CCl^4$ ; par contre, l'action de $CaSi^2$ est très vive, la chloruration du calcium entraîne celle du silicium.

III. *Applications.* — On connaissait, au début de la guerre, comme chlorures fumigènes, les chlorures liquides volatils : stannique, titanique, arsenique, etc. ; ils ont été utilisés à la production de nuages, soit seuls, soit associés à l'ammoniac.

Au moyen des réactions sus-indiquées, qui les préparent en vapeurs, j'ai montré (1916), que les chlorures de métaux communs (Al, Sn, Fe, Zn, etc.) jouissent des mêmes propriétés. On peut créer, par combustion de mélanges, des nuages opaques et persistants. Ces nuages ont été utilisés par les services de la Marine et de la Guerre. On s'est surtout servi de $CCl^4$ ou $C^2H^2Cl^4$ mélangés avec le zinc en poudre et le kieselguhr ; on aurait pu employer l'aluminium, la fumée produite est du même ordre de grandeur ; des raisons d'opportunité ont fait préférer le zinc.

Les engins de la Marine, appareils à flotteur, de $42^{kg}$ de ces pâtes fumigènes, destinés à être employés à la surface de la mer, de façon à rendre le navire indépendant du point d'émission du nuage, ont été construits avec le concours de l'ingénieur d'artillerie navale Guilbert. Ils ont été employés efficacement dans la lutte contre les sous-marins attaquant au canon, par la France, l'Angleterre et l'Italie.

Les engins fabriqués par le département de la Guerre ont été utilisés

---

(¹) A propos de ces réactions, je rappelle que M. Matignon (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 679) a préparé le carbure $Al^4C^3$ en chauffant en tube scellé, à 225°, un mélange de $C^6Cl^6$ et d'aluminium.

principalement par le service de la défense contre avions, au camouflage par fumées. Toutefois, au début de 1918, l'extension de la fabrication et la pénurie des produits chlorés m'ont conduit à employer le chlorure de zinc en nature vaporisé par addition du mélange thermique (salpêtre avec siliciure de calcium); à l'armistice on fabriquait 16 tonnes par jour de ces fumigènes.

C'est pour l'application à la défense nationale des réactions décrites dans la présente Note, que l'Académie a bien voulu me décerner, en commun avec l'ingénieur Guilbert, la moitié du grand prix de la Marine de 1918.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation des houilles.* Note de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. A. Haller.

I. Dans ces dernières années, nombreux sont les chimistes qui ont entrepris des recherches en vue d'apporter quelques faits nouveaux pouvant servir à établir la constitution des houilles, et il semble admis aujourd'hui que la houille renferme trois constituants, qui sont des composés lignocellulosiques, des protéines et des résines (1). On sait également que la pyridine ne dissout que le constituant résineux.

D'autre part, les travaux de MM. Fayol (2), Mahler (3), Boudouard (4), Charpy et Godchot (5) ont montré qu'une houille s'oxyde lentement à froid, plus rapidement à 100°, en augmentant de poids et en perdant en outre la propriété de se cokéfier. Les recherches de M. Boudouard lui ont permis d'attribuer vraisemblablement le pouvoir cokéfiant d'un charbon à une substance ou à un groupe de substances capables de s'oxyder pour se transformer en produits humiques, solubles dans la potasse en donnant une solution brune. Mais, suivant certaines théories récentes, cette oxydation ne se produirait que grâce à l'action de bactéries spéciales qui amorceraient la réaction (6). La présente Note a pour but de faire connaître certains faits pouvant, dans une certaine mesure, apporter quelques éclaircissements dans le mécanisme encore peu connu de l'oxydation des houilles.

---

(1) Jones et Wheeler, *Chemical Society*, t. 107, p. 1318.
(2) *Bull. Industrie minérale*, 1879.
(3) *Bull. Soc. d'Enc. à l'Ind. nationale*, 1892, p. 319.
(4) *Bull. Soc. chimique*, 4e série, t. 5, p. 365.
(5) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 745.
(6) Stoklasa, Ernest, Chocensky, *Zeit. phys. Chem.*, t. 50, p. 303.

II. La houille, ayant servi de matière première pour ces recherches, provenait des mines de Blanzy (puits des Alouettes). Je tiens à exprimer ici tous mes plus vifs remercîments à M. Moreau, ingénieur aux mines de Blanzy et à son chef de laboratoire, M. Cottin, pour les précieux services qu'ils m'ont rendus au cours de ces recherches. Cette houille renfermait 37,40 pour 100 de matières volatiles, 58,60 pour 100 de carbone fixe et 4 pour 100 de cendres. Abstraction faite des cendres, elle a donné, à l'analyse, les chiffres suivants : C pour 100, 83,59; H pour 100, 5,78; O + N pour 100, 10,67. Abandonnée dans une étuve réglée à 100°, elle s'oxyde peu à peu et, au bout d'un mois, l'augmentation de poids était égale à 3,15 pour 100. Epuisée par la pyridine bouillante, en suivant les précieuses indications données récemment par M. Wahl (¹), la houille primitive fournit un extrait pyridique sous forme d'une poudre brune et amorphe; 100$^g$ de houille donnent 22$^g$,63 d'extrait et ce dernier, analysé, présentait la composition suivante : C pour 100, 83,45; H pour 100, 5,84; O + N pour 100, 10,51. Si l'on compare cette composition avec celle indiquée plus haut pour le charbon naturel, on constate que la houille et l'extrait qui en provient possèdent une composition sensiblement identique. Ce fait assez curieux avait déjà été signalé par M. Wahl et par MM. Parr et Hadley (²).

Enfin, la houille, dépouillée de son extrait, ne se cokéfie plus; mais, en la remélangeant avec l'extrait de façon à reconstituer la houille primitive, cette dernière redonne bien, par chauffage, un coke aggloméré pareil à celui du charbon naturel.

III. Étant en possession d'une certaine quantité de houille dépouillée de son extrait et d'extrait, nous avons abandonné pendant un mois, et séparément, ces deux produits dans une étuve chauffée à 100° et nous avons constaté qu'ils subissaient tous les deux une augmentation de poids; la houille, dépouillée de son extrait, avait augmenté de 1,99 pour 100 et l'extrait de 1,22 pour 100.

La même expérience portant sur la houille, reconstituée par mélange en proportions convenables de charbon privé de l'extrait avec l'extrait qui en provient, nous a montré que cette houille reconstituée subissait également une augmentation de poids qui s'est élevée à 3,20 pour 100, c'est-à-dire une augmentation sensiblement identique à celle signalée plus haut pour la houille naturelle.

(¹) *Bull. Soc. chimique*, 4$^e$ série, t. 31, p. 76.
(²) *Soc. Chemic. Ind.*, 1915, p. 213.

Ces trois produits oxydés provenant respectivement de la houille reconstituée, de la houille dépouillée de son extrait et de l'extrait, donnent avec la potasse une coloration brune.

IV. De l'ensemble de ces faits, on peut tout d'abord conclure qu'il est difficile d'admettre que le phénomène de l'oxydation des houilles résulte d'une action microbienne provenant de bactéries préexistant dans la houille, car il est probable que la pyridine aurait joué vis-à-vis de ces dernières le rôle d'un antiseptique.

Il semble en outre que la pyridine a scindé la houille en deux parties oxydables séparément, mais inégalement, l'une jouant peut-être le rôle de transporteur d'oxygène vis-à-vis de l'autre, car la houille naturelle et la houille reconstituée s'oxydent plus vite et en plus grandes proportions que chacune de ces deux parties prises séparément.

Quoi qu'il en soit, il apparaît une fois de plus que l'oxydation des houilles constitue un phénomène assez complexe sur l'interprétation duquel il faut se garder de conclure d'une façon définitive.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des hydrazines substituées sur les dicétones 1.4 acycliques.* Note de M. **E.-E. Blaise**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré, dans une Note récente, que l'action de l'hydrazine sur ces mêmes dicétones fournit des dérivés pyridaziniques et tétrahydropyridaziniques, et j'ai été amené à rechercher si les hydrazines substituées donneraient des résultats analogues [1]. Knorr, partant soit de l'éther diacétylsuccinique, soit de l'acétonylacétone, a déjà obtenu, par action de la phénylhydrazine, un corps qu'il paraît nommer indifféremment diméthylphénylpyridazine ou diméthylanilinopyrrol, sans d'ailleurs apporter aucune preuve en faveur de l'une ou l'autre constitution. J'ai donc repris cette étude, en opérant sur le dipropionyléthane symétrique.

En traitant cette dicétone par $2^{mol}$ de phénylhydrazine, en solution dans l'acide acétique étendu et à froid, on obtient, au bout de 24 heures, une masse cristalline qu'on purifie par cristallisation dans l'acide acétique étendu. Ce corps forme de belles aiguilles fusibles à 65°,5; ses vapeurs colorent en rouge bordeaux un copeau de sapin humecté d'acide chlorhydrique et sa solution acétique se colore en violet par addition d'une trace de bichromate

---

[1] Knorr, *Berichte*, t. 18, p. 1568, et t. 22, p. 170.

alcalin. Sa composition est celle d'une phényldiéthyldihydropyridazine ou d'un diéthylanilinopyrrol. Il ne se forme pas de diphénylhydrazone. Dans le cas actuel, une dihydropyridazine devrait être stable, cependant le corps obtenu est bien de nature pyrrolique. J'ai vérifié le fait, d'une part, en employant une hydrazine disubstituée dissymétrique et, d'autre part, en hydrogénant le diéthylanilinopyrrol et réalisant la synthèse de la diéthylpyrroline qui se forme dans ces conditions.

La méthylphénylhydrazine dissymétrique réagit sur le dipropionyléthane comme la phénylhydrazine elle-même et il est évident que, dans ce cas, un dérivé pyrrolique peut seul prendre naissance :

$$\begin{matrix} CH^2-CO-C^2H^5 \\ | \\ CH^2-CO-C^2H^5 \end{matrix} + H^2N-N(CH^3)C^6H^5 \rightarrow \begin{matrix} CH=C(C^2H^5) \\ | \quad\quad \rangle N-N(CH^3)C^6H^5. \\ CH=C(C^2H^5) \end{matrix}$$

Le N-méthylanilinodiéthylpyrrol est liquide et bout à 162°, sous $16^{mm}$.

La réduction du diéthylanilinopyrrol a été réalisée au moyen du zinc et de l'acide chlorhydrique en milieu acétique, et en veillant à ce que la température se maintienne entre 40° et 50°. On ajoute alors un excès de potasse et l'on entraîne par un courant de vapeur d'eau. Le liquide passé à l'entraînement est neutralisé par l'acide chlorhydrique et épuisé à l'éther. Ce dernier enlève de l'aniline, qui a été caractérisée à l'état d'acétanilide. L'addition de potasse dans la solution aqueuse détermine la séparation d'une base que l'on sèche sur la potasse fondue et qu'on distille. L'$\alpha\alpha'$-diéthylpyrroline ainsi obtenue est un liquide incolore à forte odeur basique, bouillant à 154° sous la pression atmosphérique, et à 62° sous $28^{mm}$. Elle donne un chloroplatinate, noircissant vers 170° et fondant vers 180°, avec décomposition. Le chloraurate cristallise en belles tables jaunes, fondant à 100°-101°, enfin le picrate forme des lames jaunes fondant à 97°-98°.

Le diéthylpyrrol nécessaire à la préparation synthétique de cette base a été obtenu en chauffant le dipropionyléthane avec de l'ammoniaque alcoolique, à 140°, pendant 2 heures. Le rendement atteint 70 pour 100 et le corps est pur, de premier jet. L'$\alpha\alpha'$-diéthylpyrrol est un liquide incolore, légèrement visqueux, bouillant à 100°, sous $29^{mm}$. Il paraît avoir été déjà obtenu par Kurt Hess et Wissing (*Berichte*, t. 47, p. 1424) dans l'action du bromure d'éthyle sur le dérivé bromo-magnésien du pyrrol. Toutefois, l'identité des deux corps ne me paraît pas certaine, car ces auteurs ont obtenu, par action de l'hydroxylamine, une dioxime fondant à 169°, alors

que la dioxime que j'ai moi même préparée à partir du dipropionyléthane fond à 155°.

La réduction du diéthylpyrrol s'effectue dans d'excellentes conditions au moyen du zinc et de l'acide chlorhydrique, en milieu aqueux. Il suffit de veiller à ce que la température ne dépasse pas 45°. La diéthylpyrroline est isolée en suivant la méthode indiquée à propos de la réduction du diéthylanilinopyrrol et le rendement atteint 75 pour 100. La base ainsi obtenue est de tous points identique à celle qu'on obtient en partant du diéthylanilinopyrrol et, par suite, la constitution de ce dernier est établie avec certitude.

Il résulte donc de ces faits que, tandis que l'hydrazine donne, avec les dicétones 1.4 acycliques, un mélange de dérivés pyridazinique et tétrahydropyridazinique, les hydrazines substituées fournissent, au contraire, avec ces dicétones, des dérivés pyrroliques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le sulfure d'éthylène* $C^2H^4S$.
Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

En 1916, Grichkévitch-Trokhimovsky et ses élèves (1) ont préparé une série de sulfures cycliques ayant une chaîne à 3, 4, 5 et 6 atomes de carbone, tels que

$$\underbrace{CH^2.CH^2.CH^2}_{S}, \quad \underbrace{CH^2.CH^2.CH^2.CH^2}_{S},$$

mais, jusqu'ici, les tentatives pour obtenir la chaîne la plus simple, celle du sulfure d'éthylène $\underbrace{CH^2.CH^2}_{S}$ correspondant à l'oxyde connu $\underbrace{CH^2.CH^2}_{O}$, ont échoué, à ce point que le savant russe considère l'anneau à trois chaînons, dont un de soufre, comme ne pouvant exister.

On sait, en effet, que les réactions qui pourraient engendrer le sulfure d'éthylène, telles que celle des dérivés dihalogénés de l'éthane, chlorés et bromés, sur les sulfures alcalins, ne donnent qu'une masse amorphe, blanche, qui a été l'objet de divers travaux. Nous avons, en outre, M. Ville et moi, dans un travail qui doit paraître au *Bulletin de la Société chimique*, montré que si les iodure, chloro et bromo-iodure d'éthylène avaient une réaction différente, ils ne conduisaient pas davantage au but :

(1) E. Grichkévitch-Trokhimovsky, *Journ. Soc. phys. chim. russe*, t. 48, 1916, p. 880 à 974.

il y a dégagement d'éthylène et dépôt de soufre, comme si le sulfure d'éthylène se décomposait.

L'obtention de ce sulfure présentait donc un intérêt théorique indiscutable. Je l'ai réalisée en voulant répéter sur le chlorosulfocyanate d'éthylène, considéré comme un sulfocyanate de chloro-éthyle $CNS.CH^2.CH^2Cl$, une réaction connue depuis fort longtemps (1). Löwig, en 1846, a montré que le sulfure de potassium décompose l'éther sulfocyanique en sulfocyanate de potassium et sulfure neutre d'éthyle [réaction (A)]; la même réaction appliquée au sulfocyanate de chloro-éthyle aurait dû donner le sulfure neutre correspondant [réaction (B)], c'est-à-dire le sulfure d'éthyle ββ-dichloré :

$$(A)\qquad SK^2 + \begin{matrix} CNS.CH^2.CH^3 \\ CNS.CH^2.CH^3 \end{matrix} = S\begin{matrix} \diagup CH^2.CH^3 \\ \diagdown CH^2.CH^3 \end{matrix} + 2\,CNSK,$$

$$(B)\qquad SNa^2 + \begin{matrix} CNS.CH^2.CH^2Cl \\ CNS.CH^2.CH^2Cl \end{matrix} = S\begin{matrix} \diagup CH^2.CH^2Cl \\ \diagdown CH^2.CH^2Cl \end{matrix} + 2\,CNSNa.$$

Or si l'on agite ensemble le chlorosulfocyanate d'éthylène et une solution aqueuse de sulfure de sodium, on observe bien une transformation; l'odeur piquante du chlorosulfocyanate fait place à une odeur plus douce; le sulfure alcalin est remplacé par du sulfocyanate, mais le chlore est arraché simultanément et l'on peut extraire, par un courant de vapeur, un liquide très volatil qui n'est autre que le sulfure d'éthylène engendré en vertu de la réaction

$$\begin{matrix} CNS.CH^2.CH^2.Cl \\ + Na - S - Na \end{matrix} = \begin{matrix} CNS \\ | \\ Na \end{matrix} + \begin{matrix} CH^2 - CH^2 \\ \diagdown\ \diagup \\ S \end{matrix} + \begin{matrix} Cl \\ | \\ Na \end{matrix}$$

L'opération exige quelques précautions, à cause de la facile polymérisation du sulfure d'éthylène. Le mécanisme de la réaction consiste sans doute dans la formation préalable du composé $CNS.CH^2.CH^2.SNa$ qui perd 1mol de sulfocyanate; vraie ou non, cette hypothèse m'a suggéré l'emploi du disulfocyanate d'éthylène au lieu de chlorosulfocyanate; les résultats sont également bons.

Le sulfure d'éthylène est un liquide incolore, d'odeur assez forte, spéciale, non alliacée, rappelant celles des éthers sulfurés neutres; il est insoluble dans l'eau, soluble dans les solvants organiques usuels; il bout à 55°-56°; densité à 0/4°, 1,0368 pour celui préparé avec le chlorosulfocyanate et 1,0342 pour celui préparé avec le disulfocyanate; $n_{18}^{D} = 1,4914$ pour le premier; $n_{19}^{D} = 1,49001$ pour le second, ce qui conduit à la RM = 17,16, soit pour le soufre une réfraction atomique de 7,93, qui est celle du soufre simplement lié. Toutes ces propriétés sont bien celles que l'on doit attendre, d'après mes observations antérieures sur les propriétés physiques des composés sulfurés.

(1) C. Löwig, *Ann. der Physik und Chemie*, t. 67, 1846, p. 101.

Le sulfure d'éthylène conservé en flacon bouché se trouble au bout de quelques semaines, même dans l'obscurité ; le dépôt augmente avec le temps. Un grand nombre de substances rendent cette polymérisation plus rapide : les acides chlorhydrique, azotique, sulfurique la provoquent instantanément, avec bruit et chaleur ; l'acide acétique ne forme de flocons qu'après environ une heure ; la soude concentrée, après un quart d'heure ; l'ammoniaque aqueuse, en quelques minutes ; l'ammoniaque alcoolique, un peu plus lentement. Toutes ces réactions engendrent un solide blanc. Il est remarquable que la pyridine, qui donne une résine brun foncé avec l'oxyde d'éthylène, a le même effet sur le sulfure. Le brome se combine au sulfure d'éthylène en formant une masse colorée visqueuse.

Le nitrate d'argent, le chlorure mercurique, le chlorure platinique, le chloroplatinite de sodium, le chlorure aurique et sans doute d'autres sels encore, donnent des précipités contenant du métal.

L'acide nitrique à chaud donne à la fois de l'acide sulfurique et un acide sulfoné. Le permanganate donne aussi de l'acide sulfurique.

L'iodure de méthyle fournit une combinaison cristallisée, soluble dans l'eau, ayant tous les caractères des iodures de sulfiniums : formation d'un chlorure critallisé par le chlorure d'argent et production d'un chloroplatinate avec ce chlorure.

Bref, il ne fallait que les conditions exceptionnellement douces que j'ai fortuitement employées, pour atteindre le sulfure d'éthylène $C^2H^4S$, qui avait jusqu'alors échappé aux diverses tentatives de préparation. Son existence prouve qu'il y a des chaînes fermées à $2^{at}$ de carbone et à $1^{at}$ de soufre.

## CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les iodamidines.*

Note de MM. **J. Bougault** et **P. Robin**, présentée par M. Ch. Moureu.

Nous avons montré précédemment que l'hydratation des cyaphénines par l'acide chlorhydrique fournit, entre autres composés, des amidines. Au cours de l'isolement et de la caractérisation de ces derniers composés, nous leur avons reconnu une propriété curieuse qui a retenu notre attention.

Lorsque, à une solution de benzamidine, prise comme exemple, on ajoute de la soude et de l'iode, on obtient, même en solution diluée, un précipité jaune soufre cristallisé, constitué par un dérivé de substitution iodé de la benzamidine auquel l'analyse assigne la formule globale $C^7H^8IN^2$.

Mais en examinant les propriétés de ce corps, on reconnaît que l'iode y est engagé sous la forme d'acide hypoiodeux, car, ajouté à de l'iodure de potassium acide, il se dégage de l'iode suivant l'équation

$$C^7H^8IN^2 + HCl + KI = C^7H^9N^2 + KCl + 2I.$$

Ce résultat ne peut être interprété qu'en admettant que l'iode est en

relation directe avec l'azote et non pas substitué dans le noyau benzénique, d'où deux formules de constitution possibles :

$$C^6H^5-C\begin{cases}NH \\ NIH\end{cases} \quad \text{ou} \quad C^6H^5-C\begin{cases}NI \\ NH^2\end{cases}$$

Nous ne possédons pas encore de raisons suffisantes pour fixer notre choix.

Quoi qu'il en soit, les composés de ce nouveau type doivent être rapprochés du très petit nombre de composés iodés où l'iode est également fixé sur l'azote et fonctionne comme acide hypoiodeux. Les principaux d'entre eux sont des iodures d'azote, l'iodure de cyanogène, les amides hypoiodeux de M. Boismenu ([1]), et enfin l'iodantipyrine que l'un de nous ([2]) a montré récemment être un dérivé hypoiodeux, bien que la formule actuelle de ce corps se prête mal à la représentation de cette nouvelle propriété.

Nous désignons les corps que nous faisons connaître aujourd'hui sous le nom générique d'*iodamidines*, qui rappellera que l'iode est en relation directe avec le groupement amidine.

Voici quelques détails sur l'un d'eux, la benziodamidine.

*Préparation.* — A $1^g$ de chlorhydrate de benzamidine dissous dans $50^{cm^3}$ d'eau on ajoute $2^{cm^3}$ de lessive de soude, puis peu à peu, en agitant, $6^{cm^3}$ de solution d'iode (I + KI) au $\frac{1}{5}$. Il se forme instantanément un précipité en paillettes jaune soufre que l'on recueille et sèche; on obtient ainsi $1^g,20$ du composé cherché.

*Propriétés.* — La benziodamidine fond à 117° en se colorant. Elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène, le chloroforme.

Elle est très stable à l'air, se différenciant par là des amides hypoiodeux de M. Boismenu éminemment instables. Même en solution, sa stabilité est encore assez grande; on peut, par exemple, la faire cristalliser dans le benzène bouillant sans qu'elle s'altère notablement.

La benziodamidine est attaquée par la plupart des composés susceptibles de réagir sur l'iode. C'est ainsi que la soude en excès donne de l'hypoiodite de soude en régénérant l'amidine; il y a également régénération de l'amidine avec l'hyposulfite de soude, tandis que celui-ci est oxydé par l'acide hypoiodeux libéré et transformé en sulfate.

*Analyses.* — Le dosage du carbone et de l'hydrogène a donné les résultats suivants :

| | Trouvé. | Calculé pour $C^7H^8IN^2$. |
|---|---|---|
| Hydrogène pour 100 .............. | 3,20 | 2,88 |
| Carbone » .............. | 34,5 | 34,14 |

D'autre part, le dosage de l'iode effectué en faisant réagir la benziodamidine sur

([1]) *Journ. Phar. et Ch.*, 7ᵉ série, t. 5, 1912, p. 482.

([2]) J. Bougault, *Journ. Phar. et Ch.*, 7ᵉ série, t. 20, 1919, p. 245.

l'iodure de potassium en présence d'acide chlorhydrique, et en n'attribuant à la benziodamidine que la moitié de l'iode libéré, a donné :

| | Trouvé. | Calculé pour $C^7H^8IN^2$. |
|---|---|---|
| Iode pour 100.................. | 51,70 | 51,62 |

Nous avons constaté que l'anisamidine et la pipéronamidine donnent, dans les conditions ci-dessus, des iodamidines cristallisées et possédant les propriétés générales de la benziodamidine.

Nous pensons que cette réaction, en dehors de l'intérêt présenté par les nouveaux composés qu'elle permet de préparer, sera de quelque utilité dans la caractérisation et l'isolement des amidines.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une réaction de l'acide benzoïque fondée sur sa diazotation; son application à la recherche toxicologique de l'atropine, de la cocaïne et de la stovaïne.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. E. Bourquelot.

Les réactions analytiques de l'acide benzoïque sont assez peu nombreuses et ne sont pas très sensibles; la suivante est au contraire d'une très grande sensibilité; elle peut être facilement réalisée sur de très petites quantités de matière et se montre encore très brillante avec un dixième de milligramme d'acide benzoïque.

Elle s'applique non seulement à cet acide lui-même et aux benzoates, mais encore aux composés qui, comme la cocaïne ou la stovaïne, contiennent dans leur molécule le radical benzoyle et à ceux qui, comme l'atropine, fournissent l'acide benzoïque par oxydation.

Elle est fondée sur la série de transformations suivantes. L'acide benzoïque, traité par l'acide azotique fumant, donne le mélange des trois acides *o-m-p*-nitrobenzoïques $NO^2 - C^6H^4 - CO^2H$. Ces acides, chauffés avec une solution de chlorure stanneux, se transforment par réduction en acides *o-m-p*-aminobenzoïques qui, traités en solution aqueuse chlorhydrique par l'acide nitreux, fournissent les chlorures de diazoïques correspondants par la réaction :

$$CO^2H - C^6H^4 - NH^2 + NO^2H + HCl = CO^2H - C^6H^4 - N = NCl + 2H^2O.$$

Enfin, ces chlorures de diazoïques, copulés en solution ammoniacale avec le naphtol β, donnent, sous la forme d'un précipité rouge orangé, le mélange des trois isomères ortho, méta, para, de l'acide β-naphtolazoben-

zoïque

$$CO^2H—C^6H^4—N=NCl+C^{10}H^{17}.OH = CO^2H—C^6H^4—N=N—C^{10}H^{16}.OH+HCl.$$

Malgré leur complexité apparente, ces réactions conduisent en quelques minutes à la caractérisation de l'acide benzoïque.

Qu'il s'agisse d'ailleurs de cet acide, de ses sels, de la cocaïne, de la stovaïne ou de l'atropine, l'opération s'effectue toujours de la même manière.

Quelques parcelles de la matière, un dixième de milligramme d'acide benzoïque par exemple, placées sur un verre de montre, sont additionnées de trois à quatre gouttes d'acide nitrique fumant ($D = 1,49$). On évapore à sec au bain-marie et l'on reprend le résidu par une goutte de solution au dixième de chlorure stanneux; après deux ou trois minutes de chauffage, les acides nitrobenzoïques se trouvent transformés en acides aminobenzoïques. On laisse alors refroidir l'essai et on l'additionne de deux gouttes d'une solution de nitrite de soude au centième. L'acidité du mélange est suffisante pour que l'acide nitreux, mis en liberté, transforme immédiatement les acides aminobenzoïques en chlorures de diazoïques; enfin l'addition de trois à quatre gouttes de solution au centième de β-naphtol dans l'ammoniaque au dixième produit le mélange des acides β-naphtolazobenzoïques, qui apparaissent sous la forme d'un précipité fortement coloré en rouge orangé.

Cette réaction, déjà très nette, peut être confirmée de la manière suivante : si l'on ajoute à l'essai $1^{cm^3}$ environ d'acide sulfurique concentré, le précipité se dissout en donnant un liquide limpide, fortement coloré en rouge violacé; enfin, ce liquide, versé dans un verre d'eau, la colore en jaune orangé.

Les diverses phases de cette réaction, sauf la dernière, s'effectuent successivement sur le même essai et sur le même verre de montre; elles peuvent être réalisées très facilement sur les extraits d'organes fournis par la méthode de Stas, qui est habituellement suivie en toxicologie pour la recherche des alcaloïdes; elles permettent de contribuer, plus efficacement que ne peuvent le faire les autres réactions de l'acide benzoïque, à l'identification de l'atropine, de la cocaïne et de la stovaïne. Un dixième de milligramme de ces alcaloïdes donne, en effet, la réaction avec la plus grande netteté.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les courants de convection dans l'atmosphère dans leur rapport avec le vol à voile et certaines formes de nuages.* Note de **M. P. Idrac**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note publiée aux *Comptes rendus* du 2 février 1920, où j'exposais mes travaux en Afrique concernant le vol à voile, j'attribuais à une cause indéterminée l'existence, dans l'atmosphère de ces régions, de zones variables où le vent avait une composante verticale, ascendante ou descendante.

Il m'a semblé possible que ces zones soient dues à l'existence de courants de convection locaux dus à des différences de température ([1]). Nous avons, pour tenter d'éclaircir la question, entrepris au laboratoire une étude sur les courants de convection d'une couche d'air en mouvement relatif par rapport à deux couches, l'une inférieure, à température plus élevée, l'autre supérieure, à température plus basse.

Pour cela, au moyen d'un ventilateur convenablement réglé, on produisait un courant horizontal entre deux plaques, dont l'une, inférieure, était maintenue à température élevée au moyen d'un bain de sable convenablement chauffé, et dont l'autre était en contact avec une couche d'eau froide.

Dans ces conditions, lorsque la température est uniformément répartie sur les deux plaques et si le courant d'air est parfaitement régulier, on observe (par exemple en rendant les filets d'air visibles au moyen d'une fumée légère) la formation de tourbillons à axes horizontaux, ces axes étant des droites parallèles à la vitesse relative du courant d'air par rapport aux couches adjacentes ([2]). Le sens de rotation est alternativement dextrorsum et sinistrorsum, comme dans une série de cylindres engrenant les uns avec les autres par une de leurs génératrices.

Si, au contraire, la température n'est pas uniformément répartie et si le courant d'air n'est pas absolument régulier, les tourbillons se déplacent et se déforment irrégulièrement. C'est évidemment le cas dans les couches basses de l'atmosphère, au voisinage du sol, et ceci rend compte de ces déplacements irréguliers signalés dans la Note précitée.

---

([1]) Comme ceux qui se produisent également dans les liquides et ont été étudiés d'une façon si remarquable par M. Bénard.

([2]) Ou à la vitesse moyenne relative, si les couches supérieure et inférieure n'ont pas la même vitesse.

Mais dans les hautes couches de l'atmosphère, il ne doit plus en être ainsi et l'on devrait, semble-t-il, retrouver souvent les tourbillons réguliers obtenus en laboratoire. Or on sait que les cirrus se présentent fréquemment sous l'aspect de bandes régulièrement espacées comme les vagues de la mer. Ils pourraient, semble-t-il, n'être que la partie supérieure de semblables tourbillons rendus visibles par la condensation de la vapeur d'eau, condensation due à la diminution de pression. Or, une autre théorie a été souvent mise en avant pour expliquer cette forme de nuages : c'est la théorie des vagues atmosphériques qui, d'après les travaux d'Helmholtz, peuvent se produire dans certaines circonstances.

Remarquons, pour décider entre les deux théories, que, dans le premier cas (tourbillons de convection), la direction des bandes doit être parallèle à celle de la vitesse relative des couches d'air en contact (autrement dit au gradient vertical du vent); dans le deuxième cas, au contraire (vagues atmosphériques), elle doit lui être perpendiculaire.

Or M. Besson (1) a comparé la *direction des bandes de cirrus* avec leur *vitesse par rapport au sol*. Il a, sur 240 cas, calculé la fréquence en pourcentage de 30° en 30° des différentes valeurs de l'angle $\alpha$ de la direction des bandes de cirrus avec celle de leur vitesse relative au sol (2).

Il a trouvé les nombres suivants :

| Valeurs de $\alpha$. | 0. | 30°. | 60°. | 90°. |
|---|---|---|---|---|
| Fréquences correspondantes.......... | 26 | 43 | 21 | 10 |

D'un autre côté, d'après 250 observations de sondages à deux théodolites relative à une altitude comprise entre 7000$^{m}$ et 9500$^{m}$(altitude des cirrus), j'ai fait le même travail que M. Besson en ce qui concerne l'angle $\beta$ du *gradient vertical de la vitesse du vent* avec la *vitesse du vent par rapport au sol*.

Or, en nous reportant aux nombres de M. Besson, si nous avons affaire, dans le cas des cirrus, à des vagues atmosphériques, nous devrions trouver pour $\beta$ les fréquences suivantes (gradient perpendiculaire à la direction des bandes) :

| Valeurs de $\beta$. | 0. | 30°. | 60°. | 90°. |
|---|---|---|---|---|
| Fréquences correspondantes.......... | 10 | 21 | 43 | 26 |

(1) Besson, *Sur les alignements de nuages* (*Ann. de la Soc. mét. de France*, avril 1909).

(2) Les nombres donnés pour $\alpha$ s'étendant à un espace de 15° de part et d'autre de leur valeur moyenne. Ainsi 60° signifie de 45° à 75°.

Si, au contraire, nous avions affaire à des courants de convection, nous devrions trouver (gradient parallèle à la direction des bandes) :

| Valeurs de β. | 0. | 30°. | 60°. | 90°. |
|---|---|---|---|---|
| Fréquences correspondantes.......... | 26 | 43 | 21 | 10 |

Or le résultat de notre relevé a donné

| Valeurs de β. | 0. | 30°. | 60°. | 90°. |
|---|---|---|---|---|
| Fréquences correspondantes.......... | 23 | 40 | 27 | 10 |

Ces valeurs, étant donné surtout le petit nombre des observations de M. Besson et des nôtres, paraissent bien favoriser la théorie des courants de convection.

Remarquons d'ailleurs qu'une faible différence de température doit suffire pour produire des courants de convection atmosphériques : dans le cas de nos expériences de laboratoire les différences de température entre les filets d'air ascendants et descendants des tourbillons étaient de l'ordre de 3° à 4° environ (elles étaient évaluées par un procédé optique analogue à celui utilisé dans la mesure de l'indice des gaz par déplacement de franges d'interférences).

Des mesures directes sont nécessaires pour se rendre compte si les différences de température sont du même ordre dans les courants de convection atmosphériques. C'est un des buts que nous nous proposons lors de notre prochain voyage dans les régions tropicales.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le pouvoir absorbant de la terre vis-à-vis du manganèse.* Note de **M. P. Nottin**, présentée par M. Lindet.

Dans une Note parue en 1912 (¹), j'avais montré que la terre arable possède la propriété de fixer le manganèse des sels manganeux, avec mise en liberté de chaux qui remplace le manganèse dans la combinaison saline. Des recherches nouvelles me permettent de préciser certains points restés obscurs.

Si l'on compare le pouvoir absorbant de la terre à celui du terreau ou de la tourbe, on constate que ces dernières substances réagissent avec beaucoup plus d'intensité que la terre; par contre, comme je l'ai indiqué antérieu-

(¹) Nottin, *Étude agrologique du manganèse* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1167).

rement, le terreau, débarrassé de chaux par lavage à l'eau acidulée, n'a plus aucune action sur la solution d'un sel manganeux.

En mettant un même poids de matière sèche (10^g) au contact d'une solution titrée de sel manganeux, et en dosant, après contact, la chaux et le manganèse dans la liqueur, on peut calculer la chaux dissoute cédée par la terre ou le terreau, et, par différence, le manganèse fixé par la terre ou le terreau :

| | $CaO$ contenue dans $10^g$ de matière sèche. | $Mn^3O^4$ fixé par $10^g$. | $CaO$ dissoute. | Proportion de chaux dissoute |
|---|---|---|---|---|
| | g | g | g | pour 100 |
| Terre de jardin (Paris).... | 1,50 | 0,240 | 0,090 | 6,0 |
| Terre du Maroc........... | 1,35 | 0,024 | 0,023 | 1,7 |
| Terre de Seine-et-Marne... | 0,05 | 0,028 | 0,016 | 32,0 |
| Terre de Roye (ne fait pas effervescence)........... | 0,07 | 0,039 | 0,025 | 35,7 |
| Terreau de jardinier (Seine-et-Oise)............... | non dosé | 0,200 | 0,111 | » |
| Terreau de feuilles, exempt de terre................ | 0,14 | 0,117 | 0,058 | 41,4 |

Ce Tableau montre que le calcaire de la terre est bien peu attaqué, tandis que la chaux, qui n'est pas à l'état calcaire, réagit avec intensité.

D'autre part, lorsque j'avais voulu constater l'influence du calcaire sur le pouvoir absorbant du sol, j'avais utilisé des carbonates précipités vendus par le commerce : certains d'entre eux cédaient 50 et 60 pour 100 de leur chaux à la solution des sels manganeux, d'autres restaient absolument inattaqués dans les mêmes conditions.

Il était donc nécessaire de poursuivre une étude systématique de cette réaction, d'autant plus qu'elle est indiquée par de Senarmont et par Boussingault, tandis qu'elle est déclarée impossible par Liebig et par Barreswill (1).

J'ai préparé un très grand nombre d'échantillons de carbonate de chaux, en variant les conditions de préparation; j'ai déterminé par la réaction de Meigen (emploi du sous-nitrate de cobalt), si le produit est de la calcite ou de l'aragonite, et j'ai mesuré l'intensité de l'attaque par les sels manganeux, en dosant le manganèse et la chaux en solution dans la liqueur, avant et après contact.

---

(1) De Senarmont, *Comptes rendus*, t. 28, 1849, p. 693. — Liebig, *Mag. f. Pharm.*, t. 35, 1831, p. 114. — Barreswil, *Ann. Ch., Ph.* 3e série, t. 17, 1846, p. 53.

De cette étude, il résulte que les échantillons inattaquables à froid sont de la calcite obtenue : 1° par mélange à froid de solutions concentrées ou diluées de $CaCl^2$ et de $CO^3Na^2$ ou $CO^3NaH$; 2° par évaporation à froid d'une solution de bicarbonate de chaux; 3° par précipitation à 100° de solutions concentrées de $CaCl^2$ et de $CO^3Na^2$ ou $CO^3NaH$; 4° par saturation de l'eau de chaux bouillante au moyen du gaz carbonique.

Les échantillons, attaquables par les sels manganeux à froid, sont de l'aragonite, et proviennent de la réaction à 100° de solutions très diluées de $CaCl^2$ et de $CO^3Na^2$ ou $CO^3NaH$, ou encore, de la décomposition à 100° des solutions de bicarbonate de chaux. Au-dessous de 100°, on obtient un mélange dans lequel l'aragonite disparaît très rapidement.

| Température de formation du $CO^3Ca$. | Proportion attaquée à froid par $MnCl^2$ pour 100. | Réaction de Meigen. |
|---|---|---|
| 100° | 92 | positive |
| 96°-98° | 20 et 31 | faible |
| 93°-95° | 0 | nulle |

Des échantillons de calcite, d'aragonite et de ktypéite naturelles m'ont été remis par M. Lacroix. Après 9 jours de contact avec une solution à 1 pour 100 de $MnCl^2$, 0g,5 de ces calcaires ont fourni les résultats suivants :

| | $Mn^3O^4$ fixé. | CaO dissoute. | Proportion de $CO_3Ca$ attaquée pour 100. |
|---|---|---|---|
| | g | g | |
| Calcite | 0,000 | 0,000 | 0 |
| Aragonite | 0,172 | 0,114 | 40,7 |
| Ktypéite | 0,182 | 0,134 | 47,8 |

Le broyage de ces minéraux ne fournissant pas des grains aussi fins que ceux des précipités, on peut conclure que la calcite est inattaquable à froid par les sels manganeux, tandis que l'aragonite et la ktypéite réagissent dans les mêmes conditions.

Le mélange de la calcite ou de l'aragonite avec la terre végétale ne modifie pas leurs propriétés respectives

| | | $Mn^3O^4$ fixé. | Chaux dissoute. | Attaque du $CO^3Ca$ ajouté pour 100. |
|---|---|---|---|---|
| | | g | g | |
| Terre ne faisant pas effervescence | 10g terre | 0,039 | 0,025 | - |
| | 10g terre + 0g,5 calcite | 0,047 | 0,028 | 1,0 |
| | 10g terre + 0g,5 aragonite | 0,350 | 0,228 | 81,4 |
| Terre très calcaire | 1g terre | 0,024 | 0,009 | - |
| | 1g terre + 0g,5 calcite | 0,044 | 0,011 | 0,7 |
| | 1g terre + 0g,5 aragonite | 0,316 | 0,232 | 82,0 |

Le calcaire de la terre arable est donc de la calcite, puisqu'il ne réagit pas avec les sels de manganèse. La petite quantité de chaux qui se dissout pourrait provenir d'un peu d'aragonite, dont la présence dans le sol serait bien difficile à expliquer; il est plus vraisemblable d'admettre que les sels manganeux attaquent certains silicates et surtout les humates de chaux qui existent dans la terre et qui constituent le terreau.

Au point de vue agricole, l'action des sels manganeux sur la terre permet de doser une chaux très assimilable dont l'action, sur la végétation, doit être différente de celle du calcaire.

TÉRATOLOGIE. — *Une lignée de Giroflées à anomalies multiples et héréditaires.* Note de M. **Gallaud**, présentée par M. Costantin.

Dans la Giroflée (*Cheiranthus Cheiri* L.) les monstruosités sont assez fréquentes et affectent plusieurs organes. On en a signalé déjà un grand nombre, mais ces études ont le plus souvent été faites sur des exemplaires uniques ou, s'il s'agit de nombreux exemplaires, sans qu'on ait précisé leurs relations de parenté, ni étudié leur descendance.

Ayant trouvé, par hasard, un pied fortement aberrant, j'en ai semé les graines et étudié trois générations successives. J'ai obtenu ainsi, à partir d'une seule plante, un grand nombre d'anomalies, certaines déjà connues, d'autres que je crois nouvelles, tout au moins pour le *Cheiranthus*. Pour des causes diverses, mes semis ont été restreints, mais je suis persuadé que des cultures plus étendues feront apparaître de nouvelles anomalies.

1° *Embryons pluricotylés.* — Tous les semis m'en ont donné avec un pourcentage s'élevant parfois à 7 pour 100. Les embryons sont à 1, 3, 4 ou 5 cotylédons distincts, certains d'entre eux plurilobés.

2° *Anomalies végétatives.* — Les feuilles à plusieurs pointes ou à expansions latérales acuminées sont assez fréquentes. Beaucoup sont ondulées et fortement gaufrées. Quelques pieds montrent une tendance à la fasciation avec rameaux élargis et aplatis et une augmentation notable dans la densité des feuilles.

3° *Fleurs doubles prolifères pétalomanes.* — Après un calice normal on trouve un premier verticille de pétales, puis l'axe de la fleur s'allonge un peu et porte une couronne de 10 ou 11 pièces pétaloïdes en deux verticilles serrés; vient ensuite un nouvel allongement de l'axe et une nouvelle cou-

ronne pétaloïde, la même succession se répétant jusqu'à six fois sans qu'il y ait formation d'étamines ou de pistil. Toutes les fleurs du pied sans exception sont doubles et stériles. Le pourcentage de ces pieds doubles atteint parfois 10 pour 100 ([1]).

4° *Fleurs doubles par prolifération du pistil.* — Dans ce deuxième type de fleurs doubles les sépales, les pétales et les étamines se forment normalement, mais le pistil évolue en une nouvelle fleur emboîtée dans la première. Le pistil de deuxième ordre évolue à son tour en une fleur de troisième ordre et ainsi de suite. Ici encore toutes les fleurs du pied anormal sont doubles.

5° *Fruits plurivalves.* — Certains pieds ont des fruits pluricarpellaires donnant 3, 4 ou 5 valves avec des stigmates à 3, 4 ou 5 lobes. Ici la variation est moins complète et ne porte pas sur tous les fruits du pied aberrant qui fournit des graines fertiles, même dans les fruits pluricarpellaires.

6° *Fleurs intracarpellaires.* — L'anomalie se manifeste dès les premières fleurs par la présence de trois ou quatre carpelles dans le pistil, muni de trois ou quatre lobes stigmatiques. Ces pistils évoluent normalement et donnent des fruits ayant plus de deux valves à graines bien constituées et capables de germer. Les fleurs plus âgées du milieu de l'inflorescence ont des pistils également à plus de deux carpelles, mais l'ovaire se renfle en un point. Il s'y forme une véritable fleur intracarpellaire. Elle est attachée plus ou moins haut sur le placenta qui porte au-dessus et au-dessous des ovules atrophiés mais bien reconnaissables. La fleur intracarpellaire provient donc du développement anormal d'un ovule. La fleur, très petite, est complète avec sépales, pétales, étamines et pistil très bien formés. La disposition et la forme, sinon toujours le nombre des pièces, sont normaux. Les étamines, souvent au nombre de six dont deux plus petites, sont dépourvues de pollen. Le petit pistil a toujours plus de deux carpelles et renferme des ovules visibles bien que rudimentaires. L'un de ces ovules, au lieu d'être arrondi, montre trois ou quatre mamelons latéraux et il est très probable que si l'espace et la nourriture ne lui faisaient défaut, il évoluerait en une troisième fleur intracarpellaire emboîtée dans les deux précédentes. L'anomalie persiste jusque dans les dernières fleurs de l'inflorescence, toutes les fleurs de ces pieds sont donc anormales.

---

([1]) Des cas analogues de proliférations emboîtées ont été signalés dans les Crucifères, notamment dans la *Cardamine*.

Ces anomalies multiples (et quelques autres encore à l'étude), se produisant dans des directions et sur des organes très variés, apparaissant plus ou moins développées à chaque génération, montrent qu'il existe dans cette lignée de Giroflées un affolement général et très intense. Je me propose d'en rechercher la cause et de vérifier dans quelle mesure ces variations partiellement héréditaires peuvent se fixer.

ANTHROPOMÉTRIE. — *Étude de* 344 *romanichels*. Note de MM. **A. Marie** et **L. Mac-Auliffe**, présentée par M. Edmond Perrier.

D'une étude en cours sur ces étranges vagabonds que les Français appellent romanichels, bohémiens ou tziganes et que les autres peuples dénomment de termes variés (gitanos en Espagne, zingari en Italie, gypsies en Angleterre, zigouner en Allemagne, charami en pays arabes), termes qui tous veulent dire voleurs, nous pouvons déduire dès aujourd'hui quelques renseignements intéressants.

Au dire des historiens, les romanichels vinrent pour la première fois en France au début du XV^e siècle; ils appartiennent à une race orientale dont l'origine est obscure; or, depuis cinq siècles, ainsi que le prouvent les mensurations relevées par le Service d'Identité judiciaire, cette race n'a pas été assimilée.

Nous avons étudié 344 romanichels arrêtés sur notre territoire, savoir : 145 hommes et 100 femmes, dont l'état civil atteste la naissance en France, et 96 romanichels nés à l'étranger.

Les seules mensurations d'individus de cette catégorie qui aient été publiées jusqu'à ce jour sont indiquées dans les célèbres Tableaux de Deniker; elles concernent 35 hommes tziganes de Hongrie, et l'indice céphalique moyen a été trouvé de 79,9; nous observons sur nos 145 romanichels français un indice céphalique presque analogue : 79,16. Les romanichels françaises présentent un indice généralement très voisin : 80,21. D'autre part, l'indice des 99 romanichels étrangers est de 80,49 [la majorité de ceux-ci étaient nés en Russie (31 sujets), en Belgique (22), en Suisse (19) et en Autriche (19)].

Les romanichels présentent donc comme caractères craniens dominants une mésocéphalie ou une sous-brachycéphalie très prononcée.

L'indice céphalique de la population française oscille, au contraire, entre 82,35 et 85,75, c'est-à-dire entre une sous-brachycéphalie élevée et

l'hyperbrachycéphalie. Mais les romanichels ont aussi d'autres caractères ethniques qui les différencient de notre population : leurs yeux sont fortement pigmentés (80,6 fois pour 100 pour les hommes; 67,02 pour les femmes; moyenne française : 38,87 pour 100). Leurs cheveux vont surtout du châtain foncé au noir pur (78,2 pour 100 chez les romanichels, 27,51 pour 100 chez les Français). Les cheveux d'un noir pur, qui sont exceptionnels chez les Français (1,83 pour 100) sur 6335 individus, existent (26 fois 6 pour 100) chez les romanichels français. La coloration rousse qui doit être envisagée, sans doute, comme dérivée de l'albinisme et dégénérative, est d'une fréquence quasi égale dans les différentes races européennes; on la rencontre 5 fois pour 100 chez les romanichels français, 4,03 pour 100 sur 6335 Francais.

Enfin, comme l'a montré Pittard, dans les races peu métissées, la taille paraît influencer la valeur de l'indice céphalique; nos statistiques confirment le fait pour les romanichels français, dont la taille s'élève en raison directe de l'allongement du crâne.

Quant aux autres caractères somatiques, ils distinguent peu les romanichels de l'ensemble de notre population.

Voici les principaux chiffres fournis par les mensurations :

*Dimensions moyennes des romanichels nés en France.*

(Les chiffres entre parenthèses indiquent les moyennes des Français et Françaises de même taille.)

| | Hommes. | | Femmes. | |
|---|---|---|---|---|
| Taille | 1m,66 | m | 1m,55 | m |
| Buste | 0,88 | (0,88) | 0,83 | (0,827) |
| Envergure | 1,70 | (1,689) | 1,56 | (1,556) |
| Coudée | 0,448 | (0,4503) | 0,413 | (0,409) |
| Médius | 0,114 | (0,1133) | 0,106 | (0,104) |
| Auriculaire | 0,089 | (0,0880) | 0,082 | (0,080) |
| Pied | 0,259 | (0,2576) | 0,238 | (0,234) |
| Longueur de tête | 0,192 | (0,1871) | 0,182 | (0,180) |
| Largeur de tête | 0,152 | (0,1541) | 0,146 | (0,147) |
| Longueur de l'oreille | 0,063 | (0,0640) | 0,059 | (0,958) |

Pour les indices céphaliques, le pourcentage est le suivant :

| | Hommes pour 100. | Français pour 100. | Femmes pour 100. |
|---|---|---|---|
| Dolichocéphales | 4,8 | 2,68 | 2 |
| Mésocéphales | 40,6 | 23,28 | 37 |
| Brachycéphales | 51,7 | 50,14 | 57 |
| Hyperbrachycéphales | 2,7 | 23,90 | 4 |

ENTOMOLOGIE. — *Mode d'action du trioxyméthylène en poudre, sur la larve d'Anophèle.* Note de M. E. **Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une précédente Note [1], j'ai indiqué les conditions d'emploi de la poudre de trioxyméthylène pour la destruction spécifique de la larve d'Anophèle. Je préciserai ici les intéressants effets physiologiques sur les organismes en question de ce produit qui me paraît appelé à jouer un rôle important dans la pratique antipaludique.

Ce sont les vapeurs de formaldéhyde, émises par les particules de poudre, qui agissent sur les larves. La dissolution dans l'eau de ces vapeurs, au cours d'un mouillage de quelques instants, rend la poudre inactive. Il faut donc ne compter sur l'efficacité de la poudre qu'au moment de son emploi.

Une poudre inactive ou ingérée en quantité par trop insuffisante n'entraîne pas la mort des larves, mais, au contraire, provoque leur immunisation. Des larves soumises par deux ou trois reprises à des ingestions inefficaces parviennent à supporter des doses de poudre active plus de 5 fois supérieures aux doses mortelles initiales. Mais cette immunisation rapide n'est pas durable. Remises à une alimentation normale et soustraites à l'action de la formaldéhyde, les larves reprennent au bout d'une semaine leur sensibilité première. Dans la pratique, on devra donc se garder de renouveler trop fréquemment les pulvérisations larvicides; un délai maximum de 8 jours entre deux pulvérisations pourra être observé le plus avantageusement.

Dans la nature, d'ailleurs, des atteintes même légères aboutissent à peu près sûrement à la mort des larves, parce qu'elles les mettent en infériorité notoire dans la lutte contre leurs ennemis. Des larves ne manifestant qu'une torpeur légère deviennent très rapidement la proie des insectes carnassiers, toujours très répandus dans les mares, et dont elles n'évitent normalement les attaques que dans la plénitude de leurs réactions motrices.

Les effets produits sur les larves par l'ingestion de la poudre de trioxyméthylène sont de deux sortes : une action neurotoxique, qui détermine très rapidement la paralysie totale, et une action conservatrice, *post mortem*, qui protège les tissus contre les bactéries de la putréfaction. Les larves

---

[1] *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1521.

mortes gardent, en effet, sensiblement l'aspect de la vie; elles peuvent se conserver pendant des semaines sans que leurs tissus se décomposent : on assiste simplement à l'autolyse partielle des éléments, à la pycnose des noyaux, à la condensation du corps protoplasmique qui perd sa réfringence. L'action préservatrice réside, au moins au début, dans le milieu intérieur de la larve, non dans les tissus eux-mêmes, car le lavage de ces derniers, par une endosmose obtenue par submersion, amène une décomposition microbienne rapide.

L'action paralysante s'explique par l'accumulation des particules de poudre dans la région initiale de l'intestin moyen, au niveau de la grosse masse ganglionnaire thoracique. Peu après l'ingestion, la larve s'engourdit, cesse de manger, ne répond plus aux excitations et se laisse dériver par le courant ou couler à pic. Malgré son état de mort apparente, la larve demeure cependant vivante pendant un temps prolongé : les pulsations du cœur, qui sont le seul indice extérieur de l'état de vie, restent perceptibles pendant au moins 12 heures. Le début de la mort réelle échappe à l'observation.

La larve d'Anophèle paralysée, puis tuée par la poudre de formaline ingérée, se trouve donc être dans un état curieusement comparable à celui des proies que les Hyménoptères paralyseurs donnent en pâture à leurs larves. J'ai déjà insisté ailleurs sur le double aspect neurotoxique et conservateur du venin de ces Hyménoptères, et rapporté à l'existence de l'acide formique dans ce venin la possibilité d'une action bactéricide. Les faits ci-dessus s'accordent remarquablement déjà avec cette manière de voir : j'en donnerai une confirmation directe dans un prochain travail.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'excrétion des colorants vitaux et la dégénérescence chez les Ascidies.* Note de M. **Jean Dufrenoy**, présentée par M. Yves Delage.

Les Ascidies vivent facilement 24 heures dans l'eau de mer colorée par les bleus de méthylène, de toluidine, de naphtylène, ou le violet dahlia, mais elles y sont lentement intoxiquées.

I. La dégénérescence pigmentaire, rouge ou verte, des amœbocytes, s'exagère : les Ascidies des solutions colorées acquièrent une coloration tégumentaire plus vive que les témoins.

II. Les cellules se colorent vitalement, selon un mode électif, spécifique de chaque feuillet :

Le bleu de toluidine colore les cellules (ectodermiques) de la paroi péripharyngienne par de petites inclusions violettes, les grandes vacuoles restant incolores (*fig.* 1, ect.); il colore les cellules endodermiques, en particulier celles du *bulbe anal*, par l'agglomération d'un grand nombre d'inclusions bleu verdâtre (*fig.* 1, *b*, end.).

La coloration porte surtout sur les amœbocytes, en sorte que la branchie paraît colorée comme par une injection du schizocœle. Des vacuoles violettes grandissent, se fusionnent en une grosse vésicule qui refoule le cytoplasme à la périphérie de l'amœbocyte gonflée en outre ([1]). Le bleu de naphtylène colore moins bien les cellules vivantes, mais peut cependant teindre en bleu clair le cytoplasme, en bleu foncé quelques inclusions cellulaires, et imprégner *post-mortem* la chromatine nucléaire; enfin, il colore électivement les tentacules ocellaires d'*Anurella simplex* H. de L.-D.

Contrairement à la tunique des *Salpes*, que le bleu de toluidine colore en rose métachromatique sur l'animal vivant après quelques minutes, la tunique des Ascidies ne s'est jamais colorée : elle ne contient pas de pentosanes que nous avons montré être ailleurs la cause de la métachromasie ([2]).

III. Dans le schizocœle branchial ([3]) de *Molgula ampulloïdes* colorée vivante, nous avons vu les amœbocytes colorés et vacuolisés devenir la proie d'appareils ou URNES ciliés.

Les « corpuscules petits... d'où partent en tous sens des filaments délicats... », figurés par H. de Lacaze-Duthiers dans son Mémoire ([4]), grandissent jusqu'à mesurer $60^{\mu} \times 90^{\mu}$ et, par une suite de transformations (*fig.* $U_1$, $U_2$, $U_3$, ...), acquièrent la forme d'un entonnoir courbe : la grande extrémité porte une rampe de cils qui font tourbillonner le liquide cœlomique; la petite extrémité se termine par une membrane ondulante,

---

(1) Il existe d'ailleurs normalement une dégénérescence vacuolaire formant les « grandes cellules claires à noyau latéral » de H. de Lacaze-Duthiers (*loc. cit.*, p. 629) homologues aux « vésicules énigmatiques des Siponcles » formées de même par dégénérescence vacuolaire d'amœbocytes.

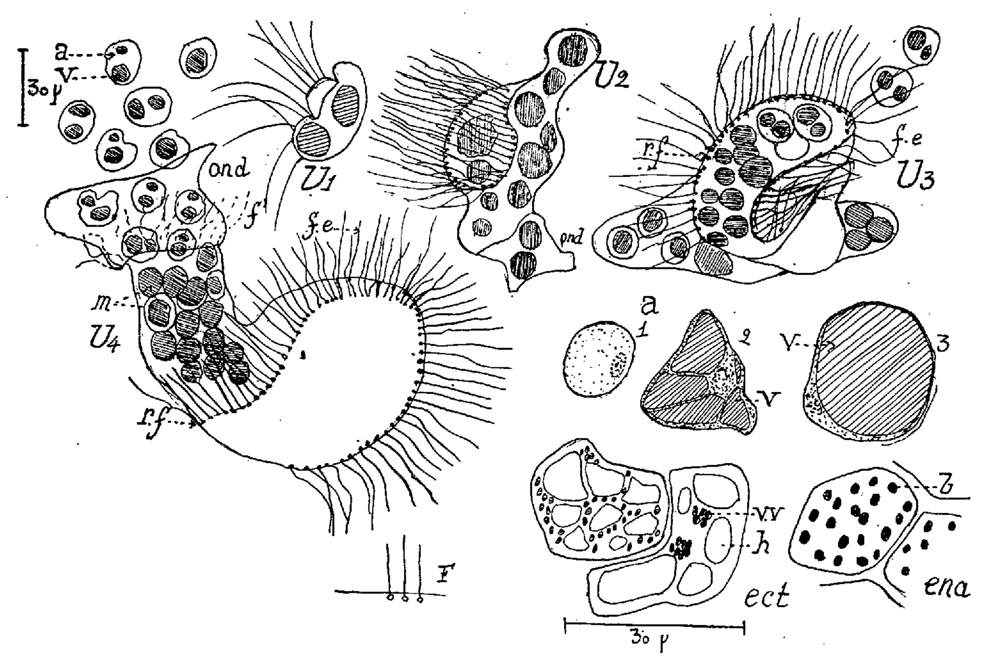
(2) J. DUFRENOY, *Bull. Ac. Méd.*, décembre 1919.

(3) Y. DELAGE et HÉROUARD, *Traité Zool. concr.*, t. **8**, p. 136.

(4) H. DE LACAZE-DUTHIERS, *Les Ascidies simples des côtes de France* (*Arch. Zool. Exp.*, vol 3, fig. 24, pl. X).

doublée d'une collerette de cils, qui aspire les amœbocytes vacuolisés dans l'intérieur, où ils fondent en magma globuleux.

Ces « Urnes » apparaissent donc au faible grossissement comme des amas intensément colorés, de même que se montrent vivement colorées en bleu par un amas d'amœbocytes agglomérés les Urnes infiniment plus




Cellules de Molgule colorées vitalement par le bleu de toluidine.
(obj. imm. hom. $\frac{1}{15}$ Stiassnie, Oc. comp. 9.)

*a*, amœbocytes; *v*, vacuole violette; *m*, magma d'amœbocytes dans une urne; $U_1$, Urne jeune (stade *corpuscule* de H. de Lacaze-Duthiers); $U_2$, $U_3$, $U_4$, Urnes âgées, vue postérieure, de profil et de face; *f*, *e*, cils de la rampe spirale; *f'*, cils de la petite extrémité; *ond.*, membrane ondulante; *ect.*, cellules péribranchiales; *v.v*, inclusions intra-cytoplasmiques violettes; *h*, vacuoles incolores; *end.*, cellules du rectum; *b*, inclusions bleu pâle; F, mode d'insertion des cils.

grosses des *Synapta digitata* que nous faisons vivre dans de l'eau de mer colorée par le bleu de méthylène (¹)

Les Urnes des Siponculides agglomèrent, par leurs cils, les seuls amœbocytes dégénérés et pigmentés; les « Urnes » des Molgules, sous une forme très peu différente, travaillent à débarrasser le cœlome des amœbocytes usés, que doit éliminer le foie. En effet, les frottis humides de foie d'*Anurella*

(¹) Cf. Cuénot, *Bull. Stat. Biol. Arc.*, 1911-1912, p. 71.

*simplex* montrent des « Urnes » déformées, bourrées de granulations, et si le foie ne se colore pas, c'est sans doute que les colorants y sont rapidement réduits.

PROTISTOLOGIE. — *Sur un complexe xéno-parasitaire morphologique et physiologique,* Neresheimeria catenata *chez* Fritillaria pellucida. Note de M. **Edouard Chatton**, présentée par M. Yves Delage.

Lohman (1896) a le premier signalé et Neresheimer (1904) a décrit, sous le nom de *Lohmanella catenata*, devenu depuis *Neresheimeria catenata*, un très singulier parasite des Appendiculaires du genre *Fritillaria*, aux glandes génitales desquelles il se substitue.

Dans les Fritillaires parasitées on voit, à la place des gonades, dans la moitié postérieure du corps, en arrière des poches intestinales, une formation métamérique, à symétrie axiale, et dont l'axe coïncide avec celui de la Fritillaire. Son article proximal, antérieur ou « céphalique » porte une couronne de pseudopodes, ou mieux de rhizoïdes très ramifiés, qui enserrent l'estomac comme en une sorte de corbeille. Il est creux, mais à paroi épaisse. Les articles suivants sont plus étroits, subsphériques et également creux. Leur paroi est formée d'un cytoplasme semé de noyaux ovoïdes vésiculeux, à gros caryosome central, entre lesquels Neresheimer avait cru voir un clivage cytoplasmique, mais qui est toujours continu. La structure de l'article dit « céphalique » est plus complexe : il est formé de deux zones concentriques, l'interne, constituée comme la paroi des autres articles, l'externe, portant les rhizoïdes, également plasmodiale, mais à noyaux massifs, très gros et de forme irrégulière (noyaux dits « pseudopodiaux »).

Les articles, en nombre variable, se multiplient en s'étranglant en leur milieu. Les postérieurs sont libérés sous forme de sphères creuses, plasmodiales, immobiles.

De cette formation, Neresheimer a fait, en 1904, le type d'un ordre nouveau de mésozoaires, les *Blastuloïdea*, caractérisés par leur structure monoblastique et la forme blastuléenne de leurs larves. Mais, en 1908, il éleva des doutes sur la validité de ce groupe, sans d'ailleurs modifier sa conception du parasite. Entre temps, Hartmann (1907) tentait, d'après les documents de Neresheimer, de représenter *Neresheimeria* comme l'évolution asexuée d'un Orthonectide. V. Dogiel (1908), au contraire, séparait

*Neresheimeria* des autres mésozoaires et l'annexait à ses *Catenata*, dont le genre type, *Haplozoon*, est, comme je le montre par ailleurs, un Péridinien très modifié par le parasitisme.

J'ai repris, au Laboratoire Arago à Banyuls-sur-Mer, l'étude de *Neresheimeria* chez les Fritillaires, et suis arrivé à une conception de la structure et de la nature des formations décrites sous ce nom, toute différente de celles de mes prédécesseurs.

Chez les Fritillaires normales, pourvues de leurs glandes génitales, il existe entre les deux processus furcaux postérieurs, là où le testicule affronte le tégument, un organe spécial, passé jusqu'ici inaperçu, et que j'appellerai « plaque syncytiale ». C'est une masse cytoplasmique comprimée entre le testicule et la paroi et qui joue sans doute un rôle dans l'évacuation du sperme. Elle porte des rhizoïdes d'aspect identique à ceux de l'article céphalique de *Neresheimeria*, mais bien moins développés. Elle est plasmodiale comme lui et ses noyaux sont exactement du type des noyaux pseudopodiaux de sa zone externe. Elle existe chez tous les Fritillaires indemnes et fait défaut chez celles qui sont parasitées.

Comme l'a bien vu Neresheimer lui-même, lorsque la *Neresheimeria* en est encore réduite à son article céphalique, il y a dans celui-ci une discontinuité très nette entre la sphère interne à noyaux vésiculeux et la sphère externe à noyaux massifs. Celle-là apparaît alors comme un corps étranger inclus dans celle-ci. Ce n'est que plus tard que s'établit la continuité, et en même temps s'accroissent les rhizoïdes.

Je considère *Neresheimeria*, telle qu'elle a été comprise jusqu'ici, comme un complexe formé de la plaque syncytiale, organe de l'hôte, et d'un plasmode parasite de structure uniforme, mais creux et bourgeonnant. Nettement intracellulaire au début de son développement, il le reste dans la suite; la file des articles est contenue dans un étui en continuité avec la zone à noyaux pseudopodiaux, et qui porte aussi au pôle opposé quelques rhizoïdes non accrus. Cet étui, qui représente la plaque syncytiale réduite à une mince paroi, ne se rompt que sous la poussée des articles près de se libérer.

Je n'ai pu suivre complètement la destinée des sphères libres. Elles continuent à se scinder, probablement jusqu'à la formation d'éléments uninucléés, sexués ou asexués. Cette évolution suggère un rapprochement avec les *Paradinium*, Cryptomonadines plasmodiales parasites des Copépodes pélagiques.

Il y a une autre lacune dans l'étude du cycle évolutif, qui comprend

l'infestation même de la plaque syncytiale et sa migration jusqu'à l'estomac. Je pense que cette migration s'effectue en rapport avec la régression des glandes génitales qui entraînent la plaque syncytiale parasitée. Celle-ci n'accroît ses rhizoïdes qu'arrivée au contact de l'estomac.

La plaque syncytiale est devenue dès lors la nourrice du parasite, et subit de ce fait une hypertrophie fonctionnelle de sa masse et de ses rhizoïdes. Elle est non seulement exploitée, mais asservie par lui. Elle devient elle-même parasite de l'organisme auquel elle appartient, intermédiaire actif entre lui et l'intrus. Il y a là tout autre chose que le parasitisme intracellulaire banal, où le parasite ne fait qu'épuiser la cellule, le tissu, l'organe où il siège.

Le complexe ainsi formé est si intime qu'il apparaît morphologiquement et physiologiquement comme un tout indivis, comme un organisme autonome, dont la connaissance du développement seule peut montrer la dualité.

*Neresheimeria* n'est pas le premier exemple d'une semblable association. Les lymphocytes des Oligochètes infestées de microsporidies (Mrazek), les cellules intestinales des herbivores et des marsupiaux parasitées par les Gastrocystidées (Chatton, Gilruth et Bull) en sont d'autres, où l'on voit non seulement la cellule s'hypertrophier, mais édifier de toutes pièces des brosses ou des chevelus de filaments, puissants organes d'absorption. De récents travaux soulèvent la question de savoir si les microsporidies polyporulées et même les sarcosporidies ne seraient pas, elles aussi, de semblables complexes xéno-parasitaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'épuration des eaux d'égout par les boues activées.* Note de M. **R. Cambier**, présentée par M. Schlœsing.

Les boues activées contiennent une notable proportion de fer à l'état de sulfure, qui contribue à leur donner leur coloration foncée. Lorsque, pour une raison quelconque, leur activité vient à diminuer ou à disparaître, il n'est pas rare d'observer qu'elles prennent une coloration rougeâtre due à la présence d'hydrate ferrique. Toutes les causes qui tendent à détruire le sulfure de fer ou à modifier son état physique (acidité du milieu, chaleur, agents coagulants, etc.) tendent également à détruire l'activité des boues.

J'ai donc été conduit à rechercher si l'addition de sulfure de fer à des

boues peu actives ne suffirait pas à rétablir leur propriété épuratrice ou leur pouvoir nitrificateur.

L'expérience suivante porte sur deux échantillons A et B de boues (provenant de l'usine de Colombes) devenues à peu près inactives tant au point de vue de leur propriété de fixer l'ammoniaque qu'à celui de la nitrifier. Ces boues ($300^{cm^3}$) étaient mises chaque jour en contact avec de l'eau d'égout fraîche ($1^l$) et aérées pendant 14 heures. A un moment donné, on y a ajouté environ $45^{mg}$ de sulfure de fer, soit en nature à l'état fraîchement précipité, soit à l'état de précipité formé au sein même de la boue en y versant goutte à goutte et simultanément des solutions équimoléculaires de sulfate ferreux et de sulfhydrate d'ammoniaque. Les chiffres suivants, relatifs à l'eau après traitement, sont comme d'habitude exprimés en milligrammes d'azote (ammoniacal ou nitrique) par litre.

| | I (boue A). | | II (boue A). | | III (boue B). | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mars : | $AzH^3$. | $AzO^3H$. | $AzH^3$. | $AzO^3H$. | $AzH^3$. | $AzO^3H$. |
| Du 3 au 12... | pas de fixation | 0 | pas de fixation | 0 | pas de fixation | 0 |
| Du 12 au 13.. | » | 0 | » | 0 | » | 1 |
| Du 13 au 14... | » | 0 | » | 1 | » | 3 |
| Du 14 au 15... | » | 0 | » | 2 | » | 3 |
| Du 15 au 16... | traces | 30 | » | 2 | » | 4 |
| Du 16 au 17... | » | 18 | traces | 80 | fixat. partielle | 8 |
| Du 17 au 19... | » | 13 | » | 20 | fixat. pr. totale | 22 |
| Du 19 au 20... | » | 13 | » | 17 | 3 | 28 |
| Du 20 au 21... | » | 20 | » | 18 | traces | 26 |

*Nota.* — I (boue A) : le 15, addition de $SO^4Fe + AzH^4SH$. — II (boue A) : le 16, addition de $SO^4Fe + AzH^4SH$. — III (boue B) : le 15, addition de FeS en nature.

On voit que la réactivation de la boue a coïncidé très exactement avec l'introduction du sulfure de fer, aussi bien en ce qui concerne la fixation de l'ammoniaque qu'en ce qui concerne la nitrification ultérieure de celle-ci. Les chiffres élevés d'acide nitrique observés avec la boue A tiennent à ce que, d'après la manière d'opérer, une certaine quantité de sulfate d'ammoniaque a été introduite en même temps que le sulfure de fer, et cette quantité supplémentaire s'est trouvée fixée et nitrifiée en même temps que l'ammoniaque de l'eau d'égout.

Une autre expérience a été faite avec des boues (provenant également de l'usine de Colombes) fixant bien l'ammoniaque, mais ne nitrifiant que très faiblement; ces boues étaient rougeâtres. Dans l'essai I ci-après, je me suis borné à ajouter à ces boues un peu de sulfhydrate d'ammoniaque pour

ramener, à l'état de sulfure, le fer qu'elles contenaient normalement ; dans les essais II et III, on a ajouté, comme ci-dessus, quelques gouttes de solutions équimoléculaires de sulfate de fer et de sulfhydrate d'ammoniaque, de manière à former environ $45^{mg}$ de FeS au sein même de la boue.

| | I. | | II. | | III. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $AzH^3$. | $AzO^3H$. | $AzH^3$. | $AzO^3H$. | $AzH^3$. | $AzO^3H$. |
| Du 26 au 27 avril..... | traces | 7 | traces | 6 | traces | 2 |
| Le 27 avril........... | Addition de $AzH^4SH$ | | Addition de $SO^4Fe + AzH^4SH$ | | Addition de $SO^4Fe + AzH^4SH$ | |
| Du 27 au 28 avril..... | traces | 80 | traces | 55 | traces | 55 |
| Du 28 au 29 » ..... | » | 17 | » | 14 | » | 13 |
| Du 29 au 30 » ..... | » | 13 | » | 8 | » | 8 |
| Du 30 avril au 1er mai. | » | 17 | » | 10 | » | 8 |
| Du 1er au 3 mai....... | » | 18 | » | 13 | » | 2 |
| Du 3 au 4 » ....... | » | 13 | » | 13 | » | 2 |

Cette fois encore, l'apparition du pouvoir nitrificateur a coïncidé avec l'apport du sulfure de fer dans la boue. Je me suis d'ailleurs assuré par l'expérience suivante que le sel ammoniacal introduit en même temps que le sulfure de fer n'avait sur les mêmes boues aucune action excitante :

| | $AzH^3$. | $AzO^3H$. |
|---|---|---|
| Du 5 au 7 juin.......... | traces | 3 |
| Du 7 au 8 » .......... | » | 6 |
| Du 8 au 9 » .......... | » | 3 |
| Le 9 juin............... | Addition de $28^{mg}$ d'azote ammoniacal par litre d'eau | |
| Du 9 au 10 juin........ | traces | 5 |
| Du 10 au 11 » ........ | » | 2 |
| Du 11 au 12 » ........ | » | 1 |

J'ai constaté enfin que l'eau d'égout, additionnée de sulfure de fer, en l'absence de boues actives, ne subit aucune épuration. Dans ces conditions, l'ammoniaque n'est pas oxydée par le courant d'air, bien que la petite quantité de sulfure de fer introduite soit intégralement transformée en hydrate ferrique.

La présence de la boue paraît donc nécessaire, soit que cette boue (analogue à l'humus de la terre végétale) constitue avec l'ammoniaque un complexe plus aisément oxydable que cette ammoniaque elle-même, soit que

le fer y trouve des conditions favorables pour récupérer, au fur et à mesure de son travail catalytique, l'état de sulfure ferreux ([1]).

Quoi qu'il en soit, le sulfure de fer contenu normalement, ou artificiellement introduit dans la boue, paraît être un important facteur de l'action épurante et nitrifiante que cette boue présente à l'égard de l'eau d'égout.

TOXICOLOGIE. — *Action physiologique de l'éther diméthylique dichloré symétrique.* Note de MM. **André Mayer**, **L. Plantefol** et **A. Tournay**, présentée par M. Henneguy.

Plusieurs éthers-oxydes halogénés sont des composés nocifs par l'irritation des voies respiratoires et les lésions du poumon qu'ils déterminent. Mais parmi eux l'éther diméthylique dichloré symétrique ([2]) mérite de retenir l'attention par une autre propriété. Il fournit, on va le voir, un exemple très curieux de spécificité pharmacologique.

I. Action irritante et toxique de l'éther diméthylique dichloré. — Lorsqu'on place un sujet dans un mélange d'air et de vapeurs d'éther diméthylique dichloré, on constate que ce corps est un peu irritant pour les yeux sans être à proprement parler lacrymogène. Il n'est pas vésicant. Mais il est irritant et pour les premières voies respiratoires et pour les voies respiratoires profondes. Si on laisse des chiens ou des chats pendant 30 minutes dans le mélange d'air et de vapeurs, on constate que les animaux meurent dans les cinq jours qui suivent l'inhalation, si la dose de vapeurs atteint $2^g$ par mètre cube d'air pour le chien, moins de $1^g$ par mètre cube d'air pour le chat. La mort est due à l'apparition d'un œdème pulmonaire qui peut être massif. L'éther diméthylique dichloré se range dans la catégorie des corps suffocants.

---

([1]) Il existe des exemples de substances qui ne sont pas oxydables directement par l'air, mais qui le deviennent en présence d'une autre substance elle-même facilement oxydable. C'est ce qu'on a appelé catalyse induite ou réaction par entraînement. Ainsi, l'arsénite de sodium en solution aqueuse ne s'oxyde qu'avec une extrême lenteur sous l'action de l'air seul; il se transforme rapidement en arséniate si l'on opère en présence de sulfite de sodium, lui-même très oxydable.

([2]) Les échantillons qui ont servi à nos recherches ont été préparés à l'état de pureté par M. Kling.

II. Action spécifique de l'éther diméthylique dichloré. — Les chiens à qui l'on a fait inhaler le mélange nocif ne présentent tout d'abord rien d'autre qu'un peu de gêne respiratoire et quelquefois un léger tremblement, de la salivation, des vomissements. Ce sont là des faits banaux après l'inhalation de produits irritants. Mais environ 2 heures après l'inhalation, quand les animaux ont été placés dans le mélange à 2$^g$ par mètre cube et plus tôt si la dose inhalée a été plus forte, les chiens abandonnés à eux-mêmes commencent à présenter des phénomènes singuliers. Il s'agit de troubles neuromusculaires très particuliers, que nous avons étudiés avec M. A. Tournay. A certains moments, sans que l'on soit averti par rien d'apparent, l'animal, jusque-là couché, est surpris par un *mouvement brusque et irrésistible*. Ce mouvement est généralement un mouvement de rétropulsion du tronc, analogue à celui du chien qui cherche à se relever. Moins fréquemment on observe des mouvements de latéropulsion, mais toujours brusques et ne paraissant pas soumis à la volonté de l'animal. Quand le chien est debout et essaie de marcher, sa démarche est interrompue par des mouvements des membres très brutaux, et exagérés. Il semble que ces mouvements aient pour objet de *rattraper l'équilibre*, qui se trouve violemment dérangé par les mouvements impulsifs du tronc. Après quelques essais de marche, l'animal tombe, ou bien il vient s'accoler à une paroi contre laquelle il demeure appuyé. Chaque fois que l'animal essaie de se déplacer, on assiste aux mêmes phénomènes : mouvements irrésistibles, perte de l'équilibre. Ces troubles durent 2 ou 3 heures et les animaux après ce temps paraissent complètement épuisés. Ils demeurent couchés, immobiles.

Pendant tout le temps qu'on peut observer les troubles que nous venons de décrire, existe simultanément un phénomène frappant. Les animaux *présentent un nystagmus extrêmement marqué*. Chez tous ceux que nous avons vus, le nystagmus était vertical. L'abaissement des yeux se faisait très brusquement, et l'élévation un peu moins, sans être cependant très lente.

Après 20 heures, tous ces symptômes disparaissent.

Fait remarquable, nous ne les avons observés que sur les chiens. Les chats ne présentent rien d'analogue. Les lapins montrent des phénomènes convulsifs (couvulsions toniques puis cloniques) mais qui ne sont pas comparables aux symptômes que nous venons de décrire.

Ainsi l'éther diméthylique dichloré symétrique provoque chez le chien des troubles très particuliers de l'équilibration, accompagnés de nystagmus. Ce corps paraît donc avoir, dans cette espèce animale, *une action*

*spécifique sur l'appareil nerveux central assurant l'équilibration*, et peut-être même, plus précisément, sur l'appareil labyrinthique.

M. C. M. **Dabrowski** adresse un Mémoire intitulé : *Essai de définitions axiomatiques des notions fondamentales de la Géométrie, celle-ci n'étant traitée que comme un chapitre de la Théorie des ensembles.*

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus dans les séances de mars 1920.

*Science and Learning in France with a survey of opportunities for american students in french universities. An appréciation by american scholars.* The Society for american fellowships in french universities, 1917. Chicago, Donnelley and sons, 1917; 1 vol. 23cm.

*Précis de Botanique forestière et biologie de l'arbre*, par L. Chancerel. Paris-Nancy-Strasbourg, 1920; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

*Traité pratique de Sylviculture; exploitation forestière et boisement*, par Lucien Chancerel. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

*Flore forestière du globe,* par Lucien Chancerel. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

*La guerre des gaz et les travaux des services chimiques français,* par le Colonel Vinet. Paris, *Chimie et industrie*, 1920; 1 fasc. 27cm,5. (Présenté par M. Moureu.)

*De quoi s'agit-il, en somme, dans la gymnastique respiratoire d'après le docteur Édouard Maurel,* par Louis Mottez. Rennes, imprimeries Oberthür, 1920; 1 fasc. 27cm.

*Les richesses économiques de l'Alsace-Lorraine,* par Edmond Théry. Préface du général R. Bourgeois. Strasbourg, Imprimerie strasbourgeoise et Paris, *Economiste européen*, 1920; 1 vol. 17cm. (Présenté par M. A. Haller.)

*Causeries philosophiques*, par A. Badoureau. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 22cm,5. (Présenté par M. Lecornu.)

*Bulletin de la Société de Pathologie exotique,* tome XII, 1919. Paris, Masson, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Laveran.)

*Catalogue des mouvements propres de* 5671 *étoiles*, par M. Joseph Bossert, ouvrage posthume publié par L. Schulhof, suivi de deux Notes de L. Schulhof (*sous presse*); 1 vol. 30cm.

*Aux Dardanelles, à Lemnos, sur les bords du Vardar; souvenirs de guerre*, 1915-1916-1917, par Peaudeleu. Nice, s. d.; 1 vol. 18cm.

*The Theory of the Imaginary in Geometry together with the Trigonometry of the Imaginary*, par J.-L.-L. Hatton. Cambridge, University Press, 1920; 1 vol. 24cm.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 28 juin 1920.)

Note de MM. *Lespieau* et *Bourguel*, Production des carbures acétyléniques vrais à partir de l'épidibromhydrine :

Page 1585, ligne 2, *au lieu de* l'épidibromhydrine α, $CH^2Br.CBr = CHBr$, *lire* l'épidibromhydrine α, $CH^2Br.CBr = CH^2$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 12 JUILLET 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce que la séance publique annuelle de l'Académie des Sciences aura lieu le 20 décembre prochain.

CHIMIE. — *Action catalytique des sels de cuivre sur l'oxydation à l'air des composés ferreux.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy**.

Suivant leur degré d'oxydation, les sels de fer agissent comme réducteurs ou comme oxydants : au minimum, ils réduisent tous les oxydants en se transformant en sels ferriques; au maximum, ils sont réduits par la plupart des corps très oxydables, minéraux ou organiques, qui les ramènent à l'état de sels ferreux. La première de ces deux réactions s'effectue de préférence en milieu alcalin, ce qui montre qu'elle est attribuable surtout à l'hydrate ferreux résultant de la décomposition du sel employé; la seconde se produit au mieux en liqueur acide. C'est ainsi que les sels ferreux précipitent de l'oxyde cuivreux des solutions alcalines de cuivre et que, inversement, les sels ferriques, en solution acide, dissolvent l'oxyde cuivreux en repassant à l'état de sels ferreux.

Le sens du phénomène étant ainsi sous la dépendance de la réaction du milieu, il doit, parmi toutes ces réactions, en exister une pour laquelle il se produit, entre les deux effets contraires dont nous venons de parler, un équilibre mobile qui pourra être rompu par tout changement accidentel de la composition des liqueurs, la précipitation, par exemple, d'un de leurs composants, d'où activation de la réaction chimique principale, qui est ici

la peroxydation du fer. C'est précisément ce qui a lieu et ce qui explique les curieux effets de catalyse que nous avons vus se produire dans les mélanges de sels de cuivre et de sels ferreux exposés à l'air. L'étude de cette question était pour nous particulièrement intéressante parce qu'on peut la compter au nombre de celles qui s'accomplissent naturellement dans le sol, grâce au cuivre qu'il renferme toujours, et quelquefois, comme nous l'avons fait voir récemment, en grande quantité (¹).

L'addition de sulfate de cuivre à un sel ferreux renfermant un acide fort, comme le sulfate de fer ordinaire, reste à peu près sans effet; c'est à peine si, du jour au lendemain, $\frac{1}{100000}$ de sulfate de cuivre augmente un peu le léger louche que prend à l'air une solution au millième de sulfate ferreux. Mais les choses se passent tout autrement avec un sel à acide faible, facilement hydrolysable, comme l'acétate de fer ou, ce qui revient au même, un mélange de sulfate ferreux et d'acétate de sodium : une trace de sulfate de cuivre donne alors lieu, dans l'espace de quelques heures, à une précipitation beaucoup plus abondante que celle qui se produit sans cuivre, et le titrage du fer resté au minimum montre que cette précipitation est corrélative d'une oxydation également plus rapide.

L'expérience suivante est relative à une solution renfermant par décilitre 100$^{mg}$ de sulfate ferreux cristallisé et différentes doses d'acétate de sodium, le tout additionné ou non de 0$^{mg}$,2 de sulfate de cuivre (supposé anhydre, comme dans tout ce qui va suivre). Les chiffres indiquent, en milligrammes, les poids du fer qui a été suroxydé après un ou deux jours de repos.

| | 100$^{mg}$ $C^2H^3O^2Na$ | | 200$^{mg}$ $C^2H^3O^2Na$ | | 500$^{mg}$ $C^2H^3O^2Na$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | sans Cu. | avec Cu. | sans Cu. | avec Cu. | sans Cu. | avec Cu. |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| Après 24 heures... | 2,4 | 5,0 | 3,9 | 6,5 | 6,3 | 7,9 |
| Après 48 heures... | 3,1 | 5,9 | 5,3 | 7,9 | 7,7 | 8,9 |

Dans les trois cas le cuivre a favorisé l'oxydation du fer, d'autant plus énergiquement que les liqueurs renfermaient moins d'acétate; on sait d'ailleurs que l'acétate ferreux est beaucoup plus altérable que le sulfate.

L'addition préalable au mélange d'une seule goutte d'acide acétique suffit à retarder notablement la réaction, ce qui tient à ce que le coefficient d'hydrolyse de l'acétate ferreux est alors abaissé. Celle d'un acide fort produit naturellement le même effet, avec plus d'intensité.

Certaines des fonctions acides de l'acide phosphorique étant assimilables

(¹) MAQUENNE et DEMOUSSY, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 937.

à celles des acides faibles, il était à présumer que les phosphates solubles agiraient dans le même sens que l'acétate de sodium, c'est-à-dire en favorisant l'oxydation du fer, qui alors doit se précipiter à l'état de phosphate ferrique, plus rapidement en présence de cuivre que sans cuivre. C'est bien ce qui a lieu, et nos recherches ont porté surtout sur des mélanges de sulfate de fer et de phosphate monopotassique, composés qui, éventuellement, peuvent se trouver en présence dans la terre.

L'action est exactement la même et plus nette encore qu'avec l'acétate de sodium. Le Tableau suivant fait connaître les poids du fer oxydé après 1, 2 et 3 jours d'exposition à l'air dans des solutions renfermant $32^{mg}$ de sulfate ferreux et $80^{mg}$ ou $320^{mg}$ de phosphate acide de potassium pour $100^{cm^3}$, avec ou sans $0^{mg},4$ de sulfate de cuivre.

| | Après 24 heures | | Après 48 heures | | Après 72 heures | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sans Cu. | Avec Cu. | Sans Cu. | Avec Cu. | Sans Cu. | Avec Cu. |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| $80^{mg}$ $PO^4KH^2$...... | 0,5 | 1,2 | 0,8 | 2,7 | 0,8 | 3,3 |
| $320^{mg}$ $PO^4KH^2$..... | 1,2 | 4,3 | 1,5 | 5,0 | 1,5 | 5,5 |

Avec un grand excès de phosphate, allant jusqu'à 25 fois le poids du sulfate de fer employé, les résultats sont encore les mêmes : l'addition de $0^{mg},2$ de sulfate de cuivre à $100^{cm^3}$ d'une dissolution renfermant $40^{mg}$ de sulfate de fer et $1^g$ de phosphate monopotassique suffit à doubler la quantité de fer oxydé dans l'espace de 24 heures.

La présence d'un excès, même très faible, d'acide diminue encore considérablement la vitesse de la réaction; c'est ce que montre l'expérience suivante, relative à des solutions renfermant $40^{mg}$ de sulfate de fer, $200^{mg}$ de phosphate monopotassique et $0^{mg},2$ de sulfate de cuivre pour $100^{cm^3}$, plus les quantités d'acide sulfurique réel indiquées ci-après.

| | Fer oxydé après 24 heures. |
|---|---|
| | mg |
| Sans excès d'acide............................ | 3,6 |
| Avec $1^{mg}$ $SO^4H^2$............................... | 3,3 |
| Avec $2^{mg}$ » ................................ | 2,1 |
| Avec $5^{mg}$ » ................................ | 1,4 |

On voit que l'effet retardateur de l'acide sulfurique est déjà sensible à la dilution de $\frac{1}{100\,000}$.

Dans les conditions normales, c'est-à-dire sans excès d'acide, la vitesse de réaction dépend à la fois des quantités de phosphate et de sulfate de cuivre mis en œuvre; avec une liqueur contenant par litre $400^{mg}$ de sulfate

de fer (exactement $79^{mg},1$ de fer métallique), $2^{g}$ de phosphate et $0^{mg},2$ ou $0^{mg},8$ de sulfate de cuivre, on a obtenu les résultats suivants :

| | Fer oxydé après | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 jour. | 2 jours. | 3 jours. | 5 jours. | 7 jours. | 16 jours. | 25 jours. |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| Sans cuivre........ | 8,6 | 12,0 | 15,5 | 17,2 | 18,9 | 25,8 | 29,2 |
| Avec $0^{mg},2$ $CuSO^4$. | 20,6 | 25,8 | 31,0 | 32,7 | 36,1 | 49,9 | 56,8 |
| Avec $0^{mg},8$ $CuSO^4$. | 36,1 | 44,7 | 49,9 | 55,0 | 60,0 | 68,8 | 74,0 |

Après 25 jours, avec la plus forte dose de cuivre, l'oxydation a porté sur les 0,93 du fer initial, tandis que sans cuivre elle n'en avait atteint que les 0,37. Le cuivre a ainsi par sa seule présence provoqué l'oxydation d'un poids de fer 56 fois supérieur au sien; à dose 4 fois moindre il en avait oxydé proportionnellement 2,5 fois plus.

La vitesse d'oxydation diminue, comme on le voit, très vite, non seulement à cause de l'appauvrissement des liqueurs en fer soluble, mais aussi par suite de leur enrichissement en acide libre, agissant, ainsi que nous l'avons dit plus haut, comme retardateur. Au début, cette vitesse est assez grande pour donner lieu, après un quart d'heure seulement, à un trouble qui va en s'accentuant de plus en plus. Ce trouble ne tarde pas à se convertir en un précipité floconneux blanc jaunâtre qui présente sensiblement la composition de l'orthophosphate ferrique $PO^4Fe, 2H^2O$ (fer dosé 28,2 pour 100), avec seulement des traces de cuivre; celui-ci reste à peu près entièrement en dissolution, ce qui lui permet de poursuivre son rôle de catalyseur. Celui-ci se manifeste à des doses extraordinairement faibles, ainsi qu'en témoigne l'expérience suivante, faite avec $100^{cm^3}$ d'une solution renfermant $6^{mg},4$ de fer métallique, à l'état de sulfate, $2^{g}$ de phosphate monopotassique et une très petite quantité de sulfate de cuivre.

| | Fer oxydé après 2 jours. |
|---|---|
| | mg |
| Sans cuivre.................................. | 0,4 |
| Avec $0^{mg},002$ de Cu (métal).................... | 1,1 |
| Avec $0^{mg},010$ » » .................... | 1,8 |

D'après cela, la limite de dilution à laquelle le cuivre commence à agir serait voisine de $\frac{1}{1000000000}$, c'est-à-dire du même ordre que celles où l'on voit les diastases et leurs coenzymes produire leur premier effet. Nous avons dit précédemment que, de même encore que les diastases, le cuivre est éminemment sensible, dans ses actions catalytiques, à la réaction du milieu;

si nous ajoutons qu'il est également influencé par la température on ne pourra s'empêcher de voir entre le phénomène que nous venons de décrire et les actions diastasiques une analogie profonde qu'il importe de signaler et qui pourra peut-être rendre compte de certains effets produits par le cuivre sur les organismes vivants. De ce qui précède il résulte déjà que son action sur les sels ferreux, bien que d'ordre exclusivement chimique, est aussi sensible que celle qu'il exerce sur la végétation.

Il est remarquable que le manganèse, dans les mêmes conditions, ne donne rien de semblable. Dans le vide, comme avec les oxydases, il ne se produit naturellement aucune réaction, non plus qu'entre liqueurs bouillantes et préalablement privées d'air.

En résumé, il ressort de cette étude que :

1° Les sels de cuivre exercent sur les composés ferreux une action catalytique qui a pour effet de favoriser leur oxydation à l'air;

2° Cette action activante, appréciable déjà aux plus extrêmes dilutions et sensible aux moindres changements de composition du milieu, est dans une certaine mesure spécifique (1) et par conséquent comparable à celle des diastases, dont elle ne diffère qu'en ce qu'elle s'exerce en l'absence de toute matière organique ;

3° L'effet dont il s'agit se manifeste dans des solutions assez étendues pour que l'on puisse admettre que la dissociation électrolytique des sels ferreux et cuivriques qui s'y trouvent est totale; il est donc indépendant du degré d'ionisation de leur mélange; par contre, de ce qu'il porte surtout sur les sels de fer à acide faible, il faut conclure qu'il est en rapport direct avec leur dissociation hydrolytique.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE.— *Vacuome, plastidome et sphérome dans l'*Asparagus verticillatus. Note (2) de M. **P.-A. Dangeard**.

Je me propose dans cette Note de décrire la constitution cellulaire dans l'*Asparagus verticillatus* en utilisant les notions nouvelles que j'ai introduites en histologie végétale.

---

(1) Parmi les autres matières minérales sensibles à la même influence, on peut citer les sulfites alcalins, dont la solution s'oxyde rapidement à l'air en présence d'une trace de cuivre; c'est une des causes d'altération bien connue des bains de développement en photographie.

(2) Séance du 5 juillet 1920.

Il est important de bien spécifier tout d'abord que les trois systèmes indépendants que j'ai caractérisés dans la cellule végétale, *vacuome*, *plastidome* et *sphérome* peuvent être aperçus, sur le vivant, sans l'aide d'aucun réactif : l'emploi de méthodes histologiques perfectionnées permet simplement de mieux suivre ces éléments dans leur évolution, de les reconnaître dans la profondeur des tissus et de mieux préciser leurs diverses transformations et leur rôle.

Ainsi, en examinant les cellules des écailles d'un jeune turion, on voit nettement : 1° les plastes ou plastides qui ont la forme de corpuscules réfringents et qui sont d'ordinaire localisés à la surface du noyau central ; 2° les métachromes ou vacuoles élémentaires, ordinairement sphériques, plus ou moins nombreuses et dispersées dans le cytoplasme; 3° des sphérules brillantes, plus petites, disséminées entre les plastes et les vacuoles élémentaires (*fig.* 1-2).

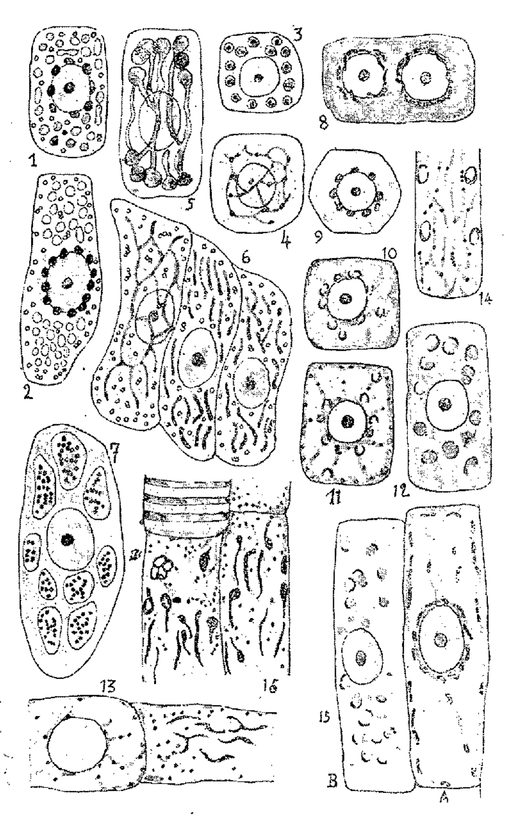
Ce sont bien là les éléments de nos trois systèmes et l'existence du vacuome, du plastidome et du sphérome étant ainsi mise hors de doute par l'observation directe, il s'agit maintenant de les étudier en détail, en s'aidant de toutes les ressources dont on peut disposer : on arrivera ainsi à suivre l'évolution de chacun d'eux et à préciser leur rôle.

1° Le *vacuome*. — Les premiers stades d'évolution du vacuome peuvent être observés facilement soit en se servant d'un colorant vital, soit en examinant celles des jeunes cellules qui produisent de l'anthocyane.

S'il s'agit de cellules incolores, comme celles du point de végétation, la métachromatine des vacuoles élémentaires ou métachromes se colore en bleu, en violet ou en rouge : à l'intérieur, apparaît un corpuscule métachromatique (*fig.* 3) ; parfois, il s'en produit deux : ce sont ces vacuoles élémentaires qui, dans les cellules plus âgées, s'allongent en bâtonnets, se réunissent en un fin réseau (*fig.* 4), se groupent aux deux extrémités de la cellule, souvent réunis d'un pôle à l'autre par des formes filamenteuses, avant de se fusionner pour donner les vacuoles ordinaires (*fig.* 5).

Si l'on observe des cellules produisant l'anthocyane de très bonne heure, il n'est pas nécessaire d'employer un colorant vital : l'anthocyane colore les vacuoles élémentaires en rouge et l'on voit avec la plus grande netteté le passage de la forme sphérique, à la forme en bâtonnet, à celle de filaments plus ou moins allongés et plus ou moins flexueux qui s'unissent généralement en un beau réseau avant de donner naissance aux vacuoles ordinaires (*fig.* 6).

L'acide osmique, agissant sur ces vacuoles à anthocyane, précipite à leur intérieur un grand nombre de corpuscules et de granulations de couleur noire qui se groupent de façon variable, soit en amas, soit en chaînettes (*fig.* 7); le nombre de ces granulations est naturellement en rapport avec le volume des vacuoles; il arrive parfois que les plus petites vacuoles prennent en entier une teinte brune, sans qu'il y ait précipitation de granules.




Le vacuome de l'*Asparagus verticillatus* renferme donc comme partout ailleurs une solution à l'état colloïdal de métachromatine qui peut être précipitée par différents réactifs en corpuscules métachromatiques : ici, le suc qui reste après la précipitation des corpuscules conserve en général une teinte rose.

L'évolution du vacuome se fait ainsi chez l'*Asparagus* suivant le mode que j'ai découvert chez un grand nombre de plantes et qui a certainement un caractère de grande généralité; je me permets cependant d'insister sur deux points :

1° Les vacuoles élémentaires ou métachromes n'ont rien à voir avec les plastes; tout corpuscule métachromatique précipité de sa solution dans une spore ou dans un kyste, par déshydratation, peut, lors de la germination avec l'arrivée de l'eau, donner une vacuole nouvelle : ainsi s'établit d'ordinaire la transmission du vacuome d'une génération à l'autre; comme ces corpuscules de métachromatine, de toute évidence, ne sont pas des éléments vivants, il en résulte que les métachromes ou vacuoles élémentaires qui en dérivent sont aussi eux-mêmes dépourvus de vie propre. Cette origine n'implique pas nécessairement l'absence d'une sécrétion directe de métachromatine au sein du cytoplasme, donnant naissance à des vacuoles nouvelles n'ayant aucun lien avec les anciennes; sur ce point je ne saurais être affirmatif.

2° Le second point sur lequel il y a lieu d'appeler à nouveau l'attention est celui-ci : Partout, l'anthocyane apparaît dans le vacuome (Rosier, Vigne, Hêtre, fleurs de très nombreuses plantes); c'est tantôt à un stade très jeune de l'évolution de ce système, comme dans l'*Asparagus*, tantôt à un stade plus âgé : c'est donc au système vacuolaire, et non aux plastes de quelque nom qu'on les désigne, qu'il faut attribuer la formation d'anthocyane, ainsi que je l'ai établi depuis longtemps.

Le *plastidome*. — L'évolution de ce système présente chez l'*Asparagus verticillatus* les caractères suivants :

Si l'on traite par l'iodure de potassium les cellules du point de végétation d'un turion, on voit des corpuscules qui se colorent en jaune : ce sont les jeunes plastes qui se multiplient en même temps que les cellules dans le méristème terminal.

Ces plastes se colorent en noir foncé par l'hématoxyline ferrique après fixation par le formol, le bichromate de potasse ou mieux le fixateur de Laguesse : ils sont disposés en général autour du noyau; mais on les rencontre également disséminés dans le cytoplasme environnant : ils sont tantôt sphériques, tantôt en forme de bâtonnets (*fig*. 8-9); leur substance se colore d'abord uniformément : mais un peu plus tard, une partie du plaste soit à l'intérieur, soit sur le côté, reste incolore : le mitoplaste du début est devenu un amyloplaste avec grain d'amidon incolore (*fig*. 10).

On rencontre ces amyloplastes en grand nombre dans toutes les cellules d'une jeune tige : le grain d'amidon formé dans chacun d'eux est parfois très gros; la partie superficielle du plaste qui persiste et qui se colore en noir se présente sous l'aspect d'un croissant ou d'un arc de cercle (*fig*. 10

et 12); comme l'amidon reste incolore, l'aspect de ces amyloplastes est celui de filaments incurvés ou recourbés de façon variable.

Si l'on étudie des cellules sous-épidermiques d'une jeune feuille verte, on voit que les plastes ont augmenté de volume et qu'ils se sont imprégnés de chlorophylle : ce sont des chloroplastes; ils sont alors disposés au contact de la paroi interne des cellules, alors que les vacuoles élémentaires sont plus rapprochées du noyau.

Il est intéressant d'examiner la forme différente des plastes sur les écailles incolores d'une jeune pousse qui sort de terre; les plastes des cellules épidermes se colorent en entier (*fig.* 15, A); ils sont arrondis ou allongés en bâtonnets plus ou moins longs et plus ou moins recourbés; ils ne montrent pas d'amidon : ce sont des mitoplastes; au contraire, les plastes du mésophylle sont presque complètement transformés en amidon : ce sont des amyloplastes (*fig.* 15, B).

Les transformations les plus intéressantes sont celles que l'on observe dans les jeunes vaisseaux du bois et du liber; c'est principalement dans les cellules du liber que l'on peut suivre la transformation d'amyloplastes arrondis, contenant parfois plusieurs grains d'amidon, en gros filaments toruleux qui peuvent s'étirer considérablement tout en se colorant fortement et uniformément (*fig.* 13-16); à cet état, il m'a été parfois impossible à la limite de distinguer ces formations de certaines fibrilles nombreuses qui semblent de nature cytoplasmique.

En résumé, chez l'*Asparagus verticillatus*, comme dans les exemples déjà étudiés précédemment, le plastidome se compose de plastes ayant une même origine; dans les cellules du point de végétation, les plastes encore homogènes sont des mitoplastes; ceux-ci en se différenciant donneront bientôt de l'amidon; s'ils restent incolores, ce sont des amyloplastes; s'ils produisent de la chlorophylle, ce sont des chloroplastes.

Le *sphérome*. — Les microsomes, qui constituent ce troisième système indépendant, présentent chez l'*Asparagus verticillatus* leurs caractères ordinaires : ce sont des sphérules réfringentes qui, sauf dans les cellules tout à fait jeunes, peuvent circuler activement à l'intérieur du cytoplasme (*fig.* 1, 2, 6). J'ai noté que ces microsomes arrivent à parcourir dans certains cas $10^{\mu}$ en 1 seconde, c'est-à-dire six ou sept fois leur diamètre; en se déplaçant ainsi, ils se réunissent momentanément en chaînettes, en amas, en groupes de deux; puis ils se séparent et repartent souvent dans des directions différentes.

Les microsomes de l'*Asparagus* ne m'ont fourni aucune notion nouvelle sur leur origine et leur nature et je n'insisterais pas davantage si une question importante ne se posait à leur sujet.

Lorsqu'on examine les tissus de cette plante, après fixation au liquide de Laguesse, de préférence, et coloration à l'hématoxyline ferrique, on arrive à mettre en évidence un peu partout des sphérules colorées en noir qui comme nombre, comme dimension et comme répartition, rappellent tout à fait les microsomes de la cellule vivante (*fig.* 11, 13, 14, 16) : si les préparations sont bien réussies, toutes les cellules en présentent, même celles du point de végétation.

J'ai la conviction que ces sphérules de la cellule fixée et colorée sont identiques aux microsomes observés sur la cellule vivante : en suivant les progrès du fixateur sur celle-ci, le doute ne semble pas permis, car même avant l'emploi du colorant, les microsomes bien conservés, prennent déjà une teinte brune, sous l'action de l'acide osmique du fixateur; d'autre part, sur les préparations, il est possible de retrouver les fibrilles cytoplasmiques avec ces sphérules disposées comme les microsomes.

S'il devenait prouvé cependant par la suite que, malgré les apparences, ces sphérules ne correspondent pas aux microsomes, il faudrait les comprendre dans un système à part, différant à la fois du plastidome et du sphérome; elles n'ont en effet aucun rapport d'origine soit avec les plastides, soit avec les métachromes du système vacuolaire avec lesquels on a dû facilement les confondre.

PHYSIOLOGIE. — *Possibilité de provoquer la crise hémoclasique par injection intra-veineuse du sang portal recueilli pendant la période digestive. Action du foie sur les protéides de désintégration incomplète provenant de la digestion et charriés par la veine porte.* Note de MM. **F. Widal, P. Abrami** et **M. N. Iancovesco.**

Les recherches effectuées par les physiologistes pour élucider la question de savoir sous quel état sont absorbés les matériaux protéiques de l'alimentation sont très nombreuses; mais elles n'ont pas encore abouti à une conclusion décisive. Tandis que Friedländer, puis Linossier et Lemoine, Ascoli, Minet et Leclercq admettent que la muqueuse intestinale peut absorber des albumines intactes, tandis que Ellinger, Embden et Knoop, Langtein, Nolf concluent qu'elle se laisse également traverser par les albu-

moses et les peptones, la plupart des physiologistes, au contraire, adoptent la conception défendue surtout par Abderhalden et ses élèves, d'après laquelle seuls les produits abiurétiques de la protéolyse, les acides aminés, sont capables de franchir la barrière intestinale et de pénétrer dans le sang. La plupart de ces expériences sont basées soit, comme celles d'Abderhalden, sur l'analyse chimique des produits de la digestion intestinale, soit, comme celles de Nolf, sur l'étude de l'absorption des solutions de peptone déposées dans une anse intestinale isolée.

Une série d'expériences, que nous avons entreprises sur le chien, semblent bien démontrer qu'après un repas de viande, des protéides de désintégration incomplète sont absorbés par l'intestin. Ces expériences établissent, d'autre part, qu'au foie incombe la mission d'agir sur ces protéides qui lui sont amenés par la veine porte, en les transformant ou en les fixant. Nous avons pu, en effet, pendant la digestion, mettre en évidence dans le sang portal la présence de corps se comportant comme des albumines hétérogènes ou des peptones, alors que, pendant le même temps, nous n'avons pu, par les mêmes procédés d'examen, révéler leur présence dans la circulation générale.

Pour déceler le passage, dans la veine porte, de substances protéiques incomplètement désintégrées, nous n'avons pas cherché à caractériser chimiquement ces substances. Depuis les travaux contradictoires de Langstein et Von Bergmann, d'une part, de Cohnheim et d'Abderhalden, d'autre part, les physiologistes ont renoncé à cette méthode, sujette à de trop nombreuses causes d'erreur. Nous avons recherché simplement si le sang portal, pendant la digestion d'un repas carné, ne donnait pas les *réactions biologiques* des albumines hétérogènes et des peptones.

On sait, depuis les recherches anciennes de Schmidt Mülheim, en quoi consiste la réaction dite de peptone. Lorsqu'on injecte brusquement, dans la circulation générale d'un chien, une certaine quantité de peptone commerciale, qui est surtout, comme on le sait, un composé d'albumoses et de peptones, on détermine une crise vasculo-sanguine immédiate, caractérisée essentiellement par de la leucopénie, par une chute de la pression artérielle et par des troubles de la coagulation, qui, avec de faibles doses, se traduisent par de l'hypercoagulabilité, et avec des doses plus fortes, par de l'incoagulabilité. Avec la peptone commerciale dont nous disposons dans notre laboratoire, cette crise très particulière est déterminée régulièrement par l'injection de $0^{gr},005$ par kilogramme d'animal. Quand il s'agit d'albumines moins désintégrées que les peptones, la crise peut se

produire avec l'emploi de doses plus faibles encore. Au contraire, avec les acides aminés, elle nécessite, comme l'a montré Nolf, l'injection de doses considérables, supérieures à $50^{cg}$ par kilogramme. Cette crise vasculo-sanguine, à laquelle nous avons donné le nom de *crise hémoclasique*, représente donc un réactif des plus sensibles de la présence, dans un liquide déterminé, de faibles quantités d'albumines hétérogènes ou de peptones.

Nous avons donc recherché si le sang portal d'un chien en période digestive est capable de provoquer cette crise hémoclasique, quand on le fait pénétrer dans la circulation générale du même chien.

A cet effet, nous avons pratiqué tout d'abord *la dérivation du sang de la veine porte dans la veine cave inférieure*, en abouchant momentanément les deux vaisseaux par un procédé analogue à celui de la fistule d'Eck. Nous n'avons pas cherché à effectuer l'anastomose permanente des deux troncs veineux ; le résultat que nous voulions observer, c'est-à-dire l'apparition d'une crise hémoclasique, étant une réaction immédiate, qui suit presque instantanément la pénétration dans le sang veineux des produits protéiques non désintégrés, il nous suffisait de réaliser une dérivation porto-cave de courte durée. Après ligature de la veine porte à son entrée dans le foie et obturation temporaire de la veine cave à son origine, nous relions les deux vaisseaux par un gros drain, muni à chacune de ses extrémités soit d'une canule de verre paraffinée, soit même d'un court trocart de gros calibre.

L'opération était pratiquée sur des chiens qui, après un jeûne de 24 heures, avaient absorbé, 1 heure ou 1 heure et demie avant l'intervention, un repas exclusivement carné composé de $500^{g}$ de viande cuite. Aussitôt après avoir laparotomisé l'animal qui avait été endormi à l'éther, et avant de procéder à la dérivation porto-cave, nous établissions l'équilibre vasculo-sanguin (leucocytose, temps de coagulation et index réfractométrique du sérum) par examen du sang périphérique à la veine saphène. Puis, l'opération sitôt effectuée, des prises de sang successives, faites à la saphène, nous renseignaient sur les variations de l'équilibre vasculo-sanguin.

Chez trois chiens ainsi traités, l'expérience a fourni des résultats identiques, et qui nous paraissent démonstratifs. Quelques minutes déjà après que le sang portal a pénétré dans la veine cave, on assiste à une crise hémoclasique manifeste. Le chiffre des leucocytes s'abaisse de plus de moitié; le sang devient hypercoagulable; en même temps on constate une diminution de l'indice réfractométrique du sérum, phénomène qui, comme nous l'avons montré, paraît constant au cours des crises hémoclasiques.

Bien entendu, nous nous sommes assurés que chez des chiens *à jeun*, la dérivation porto-cave, effectuée dans les mêmes conditions que précédemment, ne produit aucune modification de l'équilibre vasculo-sanguin.

Il ressort donc de cette première série d'expériences que, pendant les premières heures qui suivent un repas azoté, il passe de l'intestin dans la veine porte des substances protéiques qui, injectées dans la circulation générale, donnent la réaction dite de peptone.

Ces expériences ne nous renseignent, toutefois, ni sur la quantité approximative de ces substances, ni sur leur nature véritable. Pour élucider le premier point, nous avons cherché à évaluer la quantité minima de sang portal capable de provoquer la crise hémoclasique. A cet effet, chez des chiens laparotomisés en pleine digestion d'un repas de viande ($500^{g}$ de viande donnés 1 heure, 1 heure et demie ou 2 heures et demie avant l'expérience), nous avons prélevé à la seringue, le plus rapidement possible, des quantités variables de sang portal, et ce sang était aussitôt réinjecté dans la circulation générale. Chez deux chiens ainsi opérés, l'injection de $10^{cm^3}$ de sang portal dans la veine fémorale est restée sans effet sur l'équilibre vasculo-sanguin; il en fut de même chez deux autres avec $20^{cm^3}$; avec $30^{cm^3}$, un chien n'a présenté aucune crise; un autre eut, avec la même dose, une crise hémoclasique nette, bien qu'atténuée (chute des globules blancs, de 24000 à 18000); par contre, chez trois autres, l'injection de $40^{cm^3}$ de sang portal a provoqué une crise hémoclasique manifeste.

Ici encore, nous nous étions assurés, au préalable, que les injections de sang portal prélevé chez des animaux témoins, en dehors de la période digestive, ne donnent pas lieu à cette crise hémoclasique. Chez trois chiens à jeun, qui reçurent $40^{cm^3}$ de leur sang portal dans la circulation générale, par la voie fémorale, nous n'avons constaté aucune modification de l'équilibre vasculo-sanguin.

Il était important de rechercher si le sang portal conserve ce pouvoir hémoclasique pendant toute la durée de la période digestive. Il semble bien qu'il n'en soit pas ainsi, et que les substances protéiques capables de provoquer le choc ne passent en quantité suffisante dans la veine porte que durant la première phase seulement de la digestion. Tandis que chez quatre chiens, l'injection dans la veine cave de $40^{cm^3}$ de sang portal prélevé une heure, une heure et demie ou deux heures et demie après le repas a, comme nous venons de le voir, déterminé la crise hémoclasique, celle-ci a été seulement ébauchée chez un chien opéré dans les mêmes conditions trois heures après le repas; elle a fait complètement défaut chez un chien

examiné après quatre heures et chez un autre examiné après cinq heures.

C'est donc pendant les deux premières heures environ qui suivent un repas carné de 500$^{g}$ que passent, de l'intestin dans la veine porte, des protéides incomplètement désintégrés.

Les expériences qui viennent d'être relatées permettent de se faire une idée approximative de la quantité de ces produits protéiques charriés par la veine porte au cours de la période digestive. S'il faut injecter dans la veine périphérique d'un chien au moins 30$^{cm^3}$ de son sang portal pour provoquer l'hémoclasie, on peut admettre que ce sang renferme à ce moment l'équivalent de 3$^{g}$,30 de peptone commerciale par litre, chiffre important si l'on songe au débit circulatoire qui se fait dans le foie, par le courant continu qui lui vient de l'intestin. Les produits protéiques présents dans le sang de la veine porte pendant la digestion et qui donnent la « réaction de peptone » ne sont certainement pas les acides aminés, dont il faut, nous l'avons vu, des quantités considérables pour produire l'hémoclasie; peut-être même s'agit-il de substances moins désintégrées encore que les peptones et dont des quantités minimes peuvent suffire à déclancher la crise vasculo-sanguine. Il n'est pas sans intérêt, à cet égard, de remarquer que c'est seulement pendant la phase initiale de la digestion que le sang portal fournit la réaction d'hémoclasie, par conséquent, au moment où l'intestin contient surtout les produits de l'évacuation gastrique, c'est-à-dire un mélange d'albumines, d'albumoses et de peptones, alors que la réaction fait défaut avec le sang portal prélevé aux stades terminaux de la digestion lorsque l'intestin renferme principalement un mélange d'acides aminés. Cette constatation vient à l'appui de l'opinion défendue par Nolf, pour qui le passage d'albumines imparfaitement désintégrées, au travers de la muqueuse intestinale, s'effectuerait surtout pendant le premier temps de la digestion. Au point de vue qui nous occupe, cette détermination de la nature exacte des substances en cause est secondaire; le fait important qui ressort des expériences qui viennent d'être rapportées, c'est que le sang portal renferme, pendant la période de digestion, des protéides incomplètement désintégrés, dont la pénétration directe dans la circulation générale, suffirait, à doses relativement faibles, à provoquer la crise hémoclasique.

Des constatations parallèles permettent de se rendre compte qu'à l'état normal, ces substances ne dépassent pas le foie, sous la forme qu'elles revêtent dans la veine porte; et que cet organe exerce sur elles une action évidente, soit en les fixant, soit en les modifiant. Cette conclusion se dégage déjà de ce fait, établi depuis longtemps, et que nous avons vérifié d'ailleurs

nous-mêmes : que chez le chien normal, le repas de viande n'est pas suivi de crise hémoclasique et que ce que l'on constate par l'examen du sang, dans les heures qui suivent le repas, ce n'est pas de la leucopénie, mais au contraire de la leucocytose. Donc, au moment où la veine porte contient des substances capables de provoquer la « réaction de peptone », la circulation générale n'en renferme pas, ou du moins n'en contient pas de quantités correspondantes. C'est en supprimant fonctionnellement le foie par la fistule d'Eck, ou en transportant directement le sang portal dans la veine cave, qu'on voit seulement se manifester la crise vasculo-sanguine.

En résumé, les recherches expérimentales dont nous venons de rapporter les résultats montrent qu'à l'état normal, la digestion des matières albuminoïdes s'accompagne de l'absorption, par la muqueuse gastro-intestinale, non seulement d'acides aminés, comme on l'admet généralement à l'heure actuelle, mais de produits protéiques non encore désintégrés jusqu'à ces termes ultimes de la protéolyse; ces produits se retrouvent dans la veine porte en quantité suffisante pour que l'injection de $40^{cm^3}$ de sang portal, ou la dérivation de ce sang dans la veine cave inférieure, déterminent une crise hémoclasique typique. Cette crise, témoin de l'insuffisante élaboration des substances azotées de la digestion, se produirait donc constamment au cours des repas, si le foie, interposé entre l'intestin et le reste de l'organisme, ne protégeait celui-ci en arrêtant ces produits nocifs, soit en les fixant, soit en les transformant. Il s'agit donc là d'une fonction spéciale de la cellule hépatique, fonction « protéopexique » ou « protéophylaxique », comparable par certains côtés à celle qu'elle exerce à l'égard d'un grand nombre de poisons venus de l'intestin, et dont on peut mesurer l'importance à la gravité des troubles que provoque parfois la pénétration directe dans la circulation générale, des albumines non désintégrées ou de leurs premiers produits d'élaboration.

Tout portait à penser, en présence de ces résultats, que ce rôle protecteur du foie pouvait se montrer déficient au cours des altérations si diverses et si fréquentes que la maladie fait subir à cet organe, et que le médecin trouverait dans l'étude systématique de cette insuffisance de fonction, un nouveau moyen d'apprécier l'adultération hépatique. Les recherches que nous avons entreprises en ce sens sur de nombreux sujets, et que nous exposerons en détail dans une prochaine note, établissent, on le verra, le bien-fondé de cette manière de voir.

PHYSIOLOGIE. — *Influence du Rocking-Chair américain sur la respiration.* Note de M. **H. de Chardonnet.**

Les études présentées avec tant de lucidité par M. d'Arsonval ([1]) à propos de l'influence des attitudes de l'homme sur la respiration, m'ont fait entrevoir la réponse à une question que je m'étais posée en visitant l'Amérique. Partout on y trouve les hommes de bureau installés sur leur Rocking-Chair : je me demandais s'il n'y avait là qu'une mode ou une manie, ou bien si ce meuble national recélait quelque vertu cachée.

Or, ce fauteuil permet de conserver, dans toutes les attitudes, les positions respectives de la nuque et de la colonne vertébrale, soit que l'occupant incline son siège en avant pour écrire, soit qu'il se renverse en arrière pour réfléchir ou pour fumer son cigare.

Quand on est assis droit, comme sur une chaise ordinaire, le corps est en équilibre instable, ce qui est fort désagréable pour ceux qui n'en ont pas l'habitude.

Je fais cette remarque à titre de simple observateur, me permettant de la signaler aux physiologistes, seuls compétents pour en tirer des conclusions, s'il y en a.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *De l'emploi économique des alliages d'acier dans la construction des ponts.* Note de M. **J.-A.-L. Waddell.**

On peut arriver à réaliser des économies, dans la construction des ponts métalliques, en substituant des aciers spéciaux à l'acier ordinaire au carbone. Pour savoir si la substitution, à ce dernier acier, d'un alliage spécial est susceptible de procurer une économie, il faut recourir à un calcul dont la solution dépend des trois éléments ou facteurs suivants :

1° Le rapport R des prix unitaires des deux métaux considérés;
2° Le rapport inversé R' des limites élastiques de ces deux aciers;
3° Le type de construction considéré (longueur des travées, etc.);

On a $R > 1$ et $R' < 1$ et, en substituant l'alliage spécial à l'acier ordinaire dans les éléments (barres ou tiges), on réalise pour chaque élément une

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1603, 1604, 1607.

économie si le produit RR′ est plus petit que 1 et au contraire un excédent de dépense s'il est plus grand que 1.

Il n'en est pas toutefois absolument ainsi pour les arcs formés de pièces assemblées, car les rapports existant entre les limites élastiques pour des éléments composants, diffèrent beaucoup de ceux que donne le calcul pour la section globale de l'ensemble, par les éléments y travaillant les uns à la compression, les autres à la tension.

D'autre part, une certaine partie du métal entrant dans une construction donnée ne se trouve nullement affectée si l'on fait varier les efforts et les conditions du travail d'ensemble.

Enfin les conditions d'économie ou de non-économie, indiquées plus haut, ne tiennent pas compte de la réduction qui résulte de la charge due au poids même du pont, du fait qu'il doit entrer moins de métal lorsqu'on utilise l'acier de qualité supérieure.

De ces trois éléments d'influence, le premier et le second sont de sens opposé par rapport au troisième, et il tend à s'établir entre eux une certaine compensation. Toutefois, l'influence prépondérante appartient, sauf dans le cas des portées exceptionnellement grandes, aux deux premiers facteurs et j'ai trouvé que la condition d'économie, pour de très courtes portées, se résume approximativement à $RR' < 0,85$.

Au contraire, dans le cas de très grandes portées, il peut être économique d'employer le meilleur alliage, alors même que le produit RR′ serait égal ou supérieur à l'unité, attendu que la charge due au poids même du pont est alors considérable par rapport à la surcharge mobile, même si cette dernière est majorée de façon à tenir compte des chocs.

D'autre part, l'emploi de l'alliage permet de réduire la charge due au poids propre de la structure qu'il constitue et, par conséquent, la charge que doivent porter les poutres principales du pont. Il y a donc d'autant plus d'économie à adopter un acier spécial, que les portées sont plus grandes.

J'ai déterminé, à l'aide de diagrammes, les valeurs économiques respectives limites, du produit RR′, pour les ponts de chemins de fer à vapeur à arche unique et pour les ponts de type « cantilever ».

Nous citerons trois exemples des résultats que l'on peut ainsi obtenir.

En employant un acier standard au nickel ayant une limite élastique de $40^{kg}$ par millimètre carré et coûtant au kilogramme, après assemblage, un prix de $1^{fr},25$, au lieu d'un acier au carbone, dont la limite élastique est de $24^{kg}$ par millimètre carré et le prix de $0^{fr},85$ au kilogramme, et appliquant ce métal à la construction d'un arc simple, de $70^{m}$ d'ouverture et à

double voie de chemin de fer, on trouve pour RR′ la valeur 0,882 et pour limite la valeur 1,015, ce qui montre qu'il y a économie à employer dans ce cas l'acier spécial.

Si l'on cherche, au contraire, à établir un pont de chemin de fer du type cantilever à trois arcs, ayant une ouverture principale de $480^{m}$, et si l'on veut le construire à l'aide d'un alliage spécial, d'une limite élastique de $55^{kg}$ par millimètre carré, qui coûterait, tout assemblé, 1,50 par kilogramme, tandis que l'acier ordinaire au carbone, dans les mêmes conditions, reviendrait à 0,63 le kilogramme, on trouve pour RR′ la valeur 1,038. La valeur limite de ce produit étant, d'autre part, 1,023, il n'y a pas avantage économique à employer dans ce cas l'acier spécial.

Les évaluations ont été faites, dans ces deux cas, en partant des études que j'ai faites, il y a un certain nombre d'années, et qui ont été publiées dans deux Mémoires de l'*American Society of scool engineers*, parus en 1909 et 1915. Ces Mémoires ont pour titre *Nickel steel for bridges* et *The possibilities for bridge construction by use of high alloy steels*.

Elles s'appliquent à des poids calculés pour des ponts entièrement étudiés et rationnellement proportionnés.

Dans un troisième exemple, j'ai utilisé des courbes, correspondant au poids de métal des ponts cantilever, prolongées bien au delà des limites fournies par des calculs précis, à l'aide d'une méthode spécialement fixée dans ce but. J'ai pu envisager ainsi des ponts cantilever ayant des portées principales dépassant les plus longues portées établies jusqu'ici, c'est-à-dire la longueur, de $550^{m}$, du pont de Québec.

En faisant l'application de ces courbes à un acier spécial au nickel, ayant une limite élastique de $40^{kg}$ par millimètre carré et coûtant, assemblé et en place, un prix de 1,28 par kilogramme, comparé à un acier alliage, ayant une limite élastique de $56^{kg}$ par millimètre carré et valant, assemblé et en place, 1,69 par kilogramme, le pont à construire étant à trois arches, de type cantilever à ouverture principale de $780^{m}$, on trouve, pour le produit RR′, la valeur 0,91.

Ce rapport étant plus petit que l'unité, l'alliage spécial est plus économique que l'acier nickel ordinaire et l'économie réalisée serait d'environ 9 pour 100.

Toutes ces évaluations ont été faites en prenant pour bases les prix des aciers tels qu'ils étaient pratiqués avant la guerre. L'importance qu'ont prises les demandes d'acier au nickel pour la fabrication des blindages et des cuirasses des navires, ainsi que les besoins nouveaux qu'a provoqués la

guerre, viennent modifier la situation et ont prohibé l'emploi de ces aciers pour la construction des ponts métalliques.

Divers autres alliages ont été proposés pour le remplacer. Tels sont l'acier « Mayari » qui est un acier de grande dureté fabriqué électriquement; l'acier à l'aluminium, l'acier au vanadium et l'acier au silicium; mais ces alliages n'approchent, pas plus que l'acier au nickel, des conditions idéales cherchées pour l'acier qui peut convenir le mieux à la construction des grands ponts métalliques.

Un nouvel acier au molybdène, qui s'est montré de grande valeur pour la construction du matériel de guerre, et aussi pour celle des automobiles, sera peut-être susceptible de donner la solution cherchée. J'ai pu, à l'aide de diagrammes spéciaux, établis sur le type de ceux que j'ai précédemment employés, déterminer l'économie comparative d'aciers variés : aciers au carbone, aciers au nickel, aciers au chrome, aciers chrome-vanadium, aciers chrome-nickel, additionnés ou non de molybdène. L'acier qui paraît devoir donner les meilleurs résultats serait celui au chrome et molybdène comprenant aussi, suivant l'habitude, du manganèse, et dont la composition serait : carbone 0,25 pour 100, manganèse 0,75 pour 100, chrome 0,75 pour 100 et molybdène 0,75 pour 100. L'étude des diagrammes établis montre que pour la construction des ponts, malgré le prix encore élevé du molybdène aux États-Unis, comparativement aux prix du chrome et du nickel, il y a économie croissante à employer ce métal jusqu'à la proportion de 0,75 pour 100 et même au delà.

L'acier chromo-molybdène dont il s'agit pourrait être dénommé *acier chromol.*

CHRONOMÉTRIE. — *L'anomalie d'élasticité des aciers au nickel; réalisation d'un élinvar et son application à la chronométrie.* Note [1] de M. **CH.-ED. GUILLAUME.**

La suite des coefficients thermo-élastiques des aciers au nickel révèle une anomalie qui présente, avec celle des dilatabilités, la plus étroite analogie. Le coefficient de la variation thermique des modules d'élasticité est représenté, en effet, en fonction de la teneur en nickel, par une courbe telle que 1 (*fig.* 1), qui, partant d'une valeur négative pour les premiers alliages

---

[1] Séance du 5 juillet 1920.

réversibles, monte rapidement, franchit, vers 29 pour 100 Ni, la valeur nulle, passe vers 36 pour 100 par un maximum accusé, puis redescend régulièrement pour rejoindre la valeur relative au nickel; la seconde valeur nulle du coefficient se produit au voisinage de 45 pour 100 Ni.

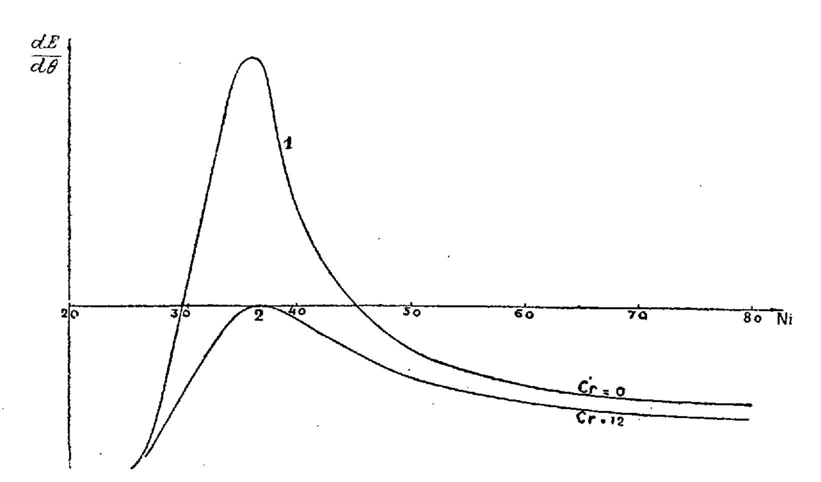



Fig. 1. — Valeurs, à 20°, du coefficient de variation thermique du module d'élasticité dans les aciers au nickel en fonction du nickel.

*Courbe* 1 : Alliage pur.
*Courbe* 2 : Alliage pur contenant une proportion d'additions équivalentes à 12 pour 100 de chrome

Ces faits, connus depuis plus de vingt ans, ont conduit à de nombreuses applications, notamment à l'établissement de spiraux qui, associés à des balanciers monométalliques, réduisent dans des proportions considérables les écarts de marche des montres observés dans les mêmes conditions lorsqu'elles sont munies de spiraux d'acier.

Cependant, la solution du problème de la compensation de la montre par l'emploi d'un spiral à coefficient thermo-élastique nul, dans les conditions rappelées ci-dessus, n'est pas complète. D'une part, en effet, la variation du coefficient au voisinage de sa valeur nulle est extrêmement rapide en fonction de la teneur en nickel, de telle sorte que les plus petites erreurs de dosage dans les coulées, et même les défauts d'homogénéité, sensibles dans les très faibles quantités de matière constituant les spiraux, se manifestent par des écarts appréciables du coefficient de marche de montres munies de spiraux issus d'une même coulée. D'autre part, l'application de la règle des états correspondants montre que les deux valeurs nulles du coefficient thermo-élastique ne sont autre chose que le maximum et le minimum de la courbe 1 (*fig.* 2), qui représente la suite des modules

d'un même alliage en fonction de la température; les courbures étant considérables dans la région du maximum et du minimum, l'erreur secondaire atteint une valeur élevée, de l'ordre de 25 secondes par 24 heures, dans l'intervalle 0° à 30°.

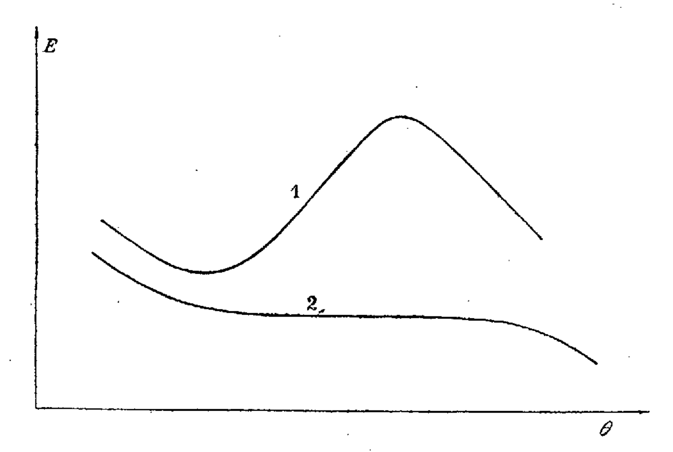



Fig. 2. — Valeurs du module d'élasticité dans un même acier au nickel en fonction de la température.
*Courbes* 1 et 2 : comme ci-contre.

Malgré ces défauts, le spiral compensateur a apporté, à la marche des montres ordinaires, une amélioration telle, que le nombre de ses applications se chiffre annuellement par plusieurs millions.

Les études entreprises sur les aciers au nickel ternaires m'ont permis d'amener à la solution complète du problème de la compensation par le spiral. L'examen des dilatabilités de ces alliages a montré, en effet, que toute addition d'un troisième constituant diminue l'anomalie, en relevant progressivement le minimum (¹); et l'analogie des anomalies de dilatabilité et de thermo-élasticité rendait certaine la possibilité de la réalisation d'un alliage tel que la valeur nulle du coefficient thermo-élastique se présentât au maximum d'une courbe telle que 2 (*fig.* 1); même, l'étude des dilatabilités permettait de localiser déjà assez étroitement les alliages remplissant cette condition. La règle des états correspondants permettait aussi de prévoir que cette valeur nulle était représentée par le palier de la courbe 2 (*fig.* 2).

Les études ont été entreprises avec la coopération des Aciéries d'Imphy pour la réalisation des alliages, et de la Société des Fabriques de Spiraux

(¹) *Action des additions métallurgiques, etc.* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1433).

Réunies pour l'obtention des spiraux et l'observation de la marche des montres. Il était nécessaire, en effet, pour atteindre directement le but essentiel de cette recherche, de la diriger vers des alliages à la fois réalisables en quantités industrielles, et permettant la fabrication de spiraux doués de toutes les qualités (aspect, limite élastique, etc.) exigées des régleurs.

Diverses additions faites aux aciers au nickel peuvent échanger, pour l'obtention d'un coefficient thermo-élastique nul, leurs effets entre certaines limites; mais les meilleurs résultats pratiques ont été obtenus avec des alliages dont la principale addition est constituée par du chrome, auquel viennent s'ajouter de petites quantités de manganèse, de tungstène et de carbone, et dont l'action est équivalente à 12 pour 100 Cr.

Ces résultats sont extrêmement satisfaisants. En effet, soit par les soins de la Société des Fabriques de Spiraux Réunies, soit par des chronométriers très expérimentés, notamment de M. Paul Ditisheim, des réglages ont été obtenus, grâce auxquels une montre munie d'un spiral compensateur suivant la nouvelle formule, actionnant un balancier monométallique, ont donné des marches qui, tout en ne présentant entre 0° et 30° qu'une différence totale de quelques secondes par 24 heures, étaient, à une demi-seconde près, une fonction linéaire de la température. On ne dépend donc plus, pour la compensation complète, que de l'association au spiral d'un balancier fait en un métal convenablement choisi pour sa dilatabilité, de telle sorte que le changement de son moment d'inertie avec la température annule les actions de la dilatation du spiral et du petit reste du changement de son coefficient thermo-élastique.

Il convient de remarquer, en effet, que l'indication donnée ci-dessus d'une valeur nulle du coefficient thermo-élastique était destinée surtout à simplifier l'exposé. Ce qu'il faut chercher en réalité, c'est un alliage doué d'un coefficient thermo-élastique à variation linéaire très faible et de valeur telle que son action, associée à la somme des effets de la dilatation, agissant en sens contraire, du spiral et du balancier [1], amène à la parfaite égalisation de marche des chronomètres dans tout l'intervalle de température de son emploi. En fait, dès le premier essai exécuté par M. Paul Ditisheim, le chronomètre muni du spiral qui lui avait été confié a donné des marches dont l'écart total, entre 0° et 30°, était de deux secondes, quantité que l'on

[1] La dilatation du spiral produit, contrairement à une opinion très répandue, une *avance* de la montre au chaud.

corrige en modifiant la dilatabilité du balancier de $0,7 \cdot 10^{-6}$, dont l'ordre de grandeur est celui des écarts entre la dilatabilité des laitons riches ou pauvres en zinc.

La possession d'un élinvar permet ainsi de prévoir l'extension aux très bonnes montres, et même aux chronomètres, du balancier monométallique, dont l'emploi était jusqu'ici limité aux montres ordinaires.

S. A. S. le Prince **Albert de Monaco** présente le fascicule LIV des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*.

Dans ce fascicule, consacré par M. **Joubin** à l'étude des *Céphalopodes recueillis par le Prince de Monaco de* 1898 *à* 1910, le professeur signale les particularités suivantes :

Ces animaux proviennent de profondeurs qui varient entre la surface de l'Atlantique et la profondeur de 5000$^m$ dans le même océan, et les animaux décrits forment un groupe de 52 espèces réparties entre 39 genres.

Sur les seize planches sont figurés notamment le *Melanoteuthis lucens*, espèce nouvelle bathypélagique très singulière. L'animal est noir et porte sur le dos deux gros organes lumineux. C'est la première fois que l'on trouve de tels organes chez un Céphalopode octopode, et c'est le premier Céphalopode qui en porte sur le dos, alors que les organes lumineux sont toujours ventraux chez les Invertébrés et chez les poissons marins. Aussi le cas est-il très remarquable.

Un autre animal fort curieux est une jeune spirule sortant de l'œuf. C'est la première fois qu'on trouve un de ces animaux non adulte. Et même on n'avait recueilli jusqu'ici qu'un très petit nombre de spirules adultes, tandis que leurs coquilles sont abondantes sur certaines plages.

## NOMINATIONS.

M. **Ch. Moureu** est désigné pour faire une lecture dans la séance publique des cinq Académies, qui aura lieu le 25 octobre prochain.

## CORRESPONDANCE.

L'**École d'Anthropologie** invite les membres de l'Académie à prendre part à la réunion qui aura lieu à Paris du 9 au 14 septembre prochain pour préparer la fondation d'un Institut international d'anthropologie.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces projectivement applicables.* Note de M. **G. Fubini.**

Dans une Note récente [1], M. Cartan étudie la déformation projective d'une surface en adoptant la définition que j'ai donnée dans un de mes Mémoires de Géométrie projective différentielle. Il semble affirmer que la méthode employée par moi ne permet pas de trouver les surfaces applicables sur une autre surface. Mais dans mes Notes [2] j'ai démontré que cette recherche est équivalente à l'étude du système suivant d'équations différentielles.

$$L'_v = -(2\beta\gamma'_u + \beta'_u\gamma), \qquad M'_u = -(2\gamma\beta'_v + \gamma'_v\beta),$$
$$\beta M'_v + 2\beta'_v M + \beta'''_{vvv} = \gamma L'_u + 2\gamma'_u L + \gamma'''_{uuu}.$$

Si l'on veut trouver tous les cas possibles de surfaces applicables, il suffit de considérer L, M comme inconnues et de trouver les valeurs de $\beta$, $\gamma$ telles que le système cité puisse admettre deux systèmes de solutions

$$L = L_i, \qquad M = M_i \qquad (i = 1, 2).$$

En posant

$$\lambda = L_1 - L_2, \qquad \mu = M_1 - M_2,$$

on aura

$$\lambda_v = \mu'_u = 0; \qquad \beta\mu'_v + 2\beta'_v\mu = \gamma\lambda'_u + 2\lambda\gamma'_u.$$

En changeant les paramètres $u$, $v$ des lignes asymptotiques, on peut supposer que $\lambda$, $\mu$ soient égales à 0 ou à 1. Il n'est pas difficile de trouver les valeurs correspondantes de $\beta$, $\gamma$ et aussi de L, M. On trouve ainsi toutes les surfaces projectivement applicables; cette étude a été l'objet d'une dissertation pour le doctorat de M^lle Stipa, élève de l'Université de Turin. On en peut déduire aussi l'étude analogue pour les hypersurfaces.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1439.

(2) *Fondamenti della geometria*, etc. (*Rend. della R. Acc. dei Lincei*, juillet 1918). Voir aussi *Fondamenti di geom. proiett.-differ.* (*Rend. del Circ. di Palermo*, t. 43).

GÉOMÉTRIE. — *Énumération des classes de représentations d'une surface sur une autre surface.* Note de M. **L.-E.-J. Brouwer**, présentée par M. Paul Appell.

Soit O un point de la surface $\pi$, d'ordre de connexion fini, F le groupe des courbes continues fermées de $\pi$ par O (considérées comme identiques par rapport à F, lorsqu'elles peuvent être ramenées les unes aux autres au moyen de déformations continues laissant invariant le point O), N une *base normale* de F, se composant des courbes $a_1, a_2, \ldots, a_n, a_{n+1}, \ldots, a_{n+m}$, rangées dans l'ordre indiqué. Dans le cas où $\pi$ est bilatérale, les courbes de cette base normale satisfont à la relation fondamentale

$$a_1 a_2 a_1^{-1} a_2^{-1} \ldots a_{n-1} a_n a_{n-1}^{-1} a_n^{-1} a_{n+1} \ldots a_{n+m} = 1,$$

dans le cas où $\pi$ est unilatérale, à la relation fondamentale

$$a_1^2 a_2^2 \ldots a_{n-1}^2 a_n^2 a_{n+1} \ldots a_{n+m} = 1.$$

Soit O′ un point de la surface $\rho$, également d'ordre de connexion fini, G le groupe des courbes continues fermées de $\rho$ par O′, M une base normale de G, se composant des courbes $b_1, b_2, \ldots, b_r$.

Une représentation uniforme et continue $\sigma$ de $\pi$ sur $\rho$ transformant O en O′, par conséquent transformant chaque $a_\nu$ en une courbe $a'_\nu$ par O′, donne lieu à un *système de formules de transformation*

$$(\alpha) \qquad a'_\nu = \varphi_\nu(b_1, \ldots b_r) \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n+m),$$

les $\varphi$ désignant des produits.

Soit $\chi(b_1, \ldots, b_r)$ un élément quelconque de G, le système de formules

$$a'_\nu = \chi\varphi_\nu\chi^{-2} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n+m),$$

que nous appellerons *semblable* à ($\alpha$), correspond lui aussi, comme système de formules de transformation, à des représentations de $\pi$ sur $\rho$ transformant O en O′. *Ces dernières représentations sont de la même classe que* $\sigma$. Réciproquement, toute représentation de $\pi$ sur $\rho$ transformant O en O′, et appartenant à la classe de $\sigma$, donne lieu à un système de formules de transformation semblable à ($\alpha$).

Donc, toute classe de représentations de $\pi$ sur $\rho$ (moyennant les représentations transformant O en O′, qu'elle contient) détermine un ensemble de systèmes de formules de transformation semblables entre eux, ensemble qui sera appelé *image formelle* de la classe en question.

*Sous quelles conditions deux classes de représentations de $\pi$ sur $\rho$ possédant la même image formelle sont-elles identiques ?*

Pour être à même de formuler la réponse à cette question (réponse dont la déduction détaillée se trouve dans un Mémoire qui paraîtra dans un autre Recueil) je construis par O un *système canonique de rétrosections* R conforme à la base normale N et divisant $\pi$ en une région simplement connexe (dont la frontière $g$ se confond avec R, tout en pouvant parcourir certains segments de R deux fois) et $m$ régions cylindriques, limitées chacune par un bord de $\pi$ et le lacet de R enveloppant ce bord. Dans le cas où $\rho$ est un plan projectif, je choisis sur $\rho$ une ligne droite $l$ par O′ avec un sens de parcours $\lambda$, et j'appelle *représentation normale de $\pi$ sur $\rho$* toute représentation par laquelle chaque rétrosection de R est transformée soit en O′, soit en $l$, dans ce dernier cas biuniformément et dans le sens de parcours $\lambda$ la première fois qu'elle figure dans $g$.

Cela posé, *voici les rapports des classes de représentations de $\pi$ sur $\rho$ avec leurs images formelles :*

A chaque image formelle I correspond une seule classe :

1° Si la surface simplement connexe superposée à $\rho$ est ouverte.

2° Si $\pi$ est ouverte.

3° Si $\rho$ possédant la connexion du plan projectif et $\pi$ étant unilatérale et fermée, au moins une rétrosection unilatérale de $\pi$ est représentée bilatéralement, tandis que les représentations correspondant à I sont impaires.

A chaque image formelle I correspondent deux classes :

1° Si $\rho$ possédant la connexion de la sphère, $\pi$ est unilatérale et fermée, les deux classes sont caractérisées par la parité de leurs représentations.

2° Si $\rho$ possédant la connexion du plan projectif et $\pi$ étant bilatérale et fermée, au moins une rétrosection de $\pi$ est représentée unilatéralement, les deux classes sont caractérisées par la parité des degrés de leurs représentations normales mesurés sur le dédoublement bilatéral de $\rho$.

3° Si $\rho$ possédant la connexion du plan projectif et $\pi$ étant unilatérale et fermée, au moins une rétrosection unilatérale de $\pi$ est représentée bilatéralement, tandis que les représentations correspondant à I sont paires, les deux classes sont caractérisées par la parité des aires de leurs représentations normales mesurées sur le dédoublement bilatéral de $\rho$.

A chaque image formelle I correspond une infinité de classes :

1° Si $\rho$ possédant la connexion de la sphère, $\pi$ est bilatérale et fermée, les classes sont caractérisées par le degré de leurs représentations.

2° Si $\rho$ possédant la connexion du plan projectif et $\pi$ étant bilatérale et fermée, toute rétrosection de $\pi$ est représentée bilatéralement, les classes sont caractérisées par la valeur absolue des degrés de leurs représentations mesurés sur le dédoublement bilatéral de $\rho$.

3° Si $\rho$ possédant la connexion du plan projectif et $\pi$ étant unilatérale et fermée, toute rétrosection unilatéral de $\pi$ est représentée unilatéralement, les classes sont caractérisées par la valeur absolue des degrés des représentations correspondantes du dédoublement bilatéral de $\pi$ sur le dédoublement bilatéral de $\rho$.

MÉCANIQUE. — *Sur l'application des équations de l'élasticité aux déformations d'un ressort en hélice.* Note de M. **Galbrun**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les équations de l'élasticité relatives aux déformations d'une tige mince expriment, que chaque position infiniment petite de la tige, limitée par deux sections normales à la fibre neutre, est en équilibre sous l'action des forces extérieures d'une part, et d'autre part d'une force et d'un couple agissant sur les extrémités du petit élément considéré. Dans le cas étudié ici, les seules forces extérieures, agissant sur le ressort, de masse supposée négligeable, sont appliquées à ses extrémités; trois des équations d'équilibre s'intègrent alors immédiatement, et la force agissant sur chaque section de la tige déformée est égale à la force appliquée à l'extrémité.

Pour écrire les trois autres équations, il est commode de considérer chaque point M de la fibre neutre, comme le sommet d'un trièdre $Mx, y, z$, dont l'axe de $z$ est la tangente à l'hélice, l'axe de $x$ la normale principale, l'axe de $y$ la binormale; à l'état naturel, ces deux dernières directions sont supposées axes de symétrie de la section. La position du trièdre $Mx, y, z$, est définie au moyen des trois angles d'Euler : $\theta$, $\varphi$, $\psi$, par rapport à un trièdre fixe, dont l'axe $Oz$ est parallèle à l'axe du cylindre portant l'hélice, fibre neutre; les trois composantes de la force agissant aux extrémités, suivant les axes de ce trièdre fixe sont $G_1$, $G_2$, $G_3$.

Quand on suppose que la déformation de l'hélice est telle, que les variations $\delta\theta$, $\delta\varphi$, $\delta\psi$ restent des infiniments petits du premier ordre, ainsi que les rapports $\frac{G_1}{G_3}$, $\frac{G_2}{G_3}$, de telle sorte que la composante $G_3$ parallèle à l'axe du cylindre est grande par rapport à $G_1$ et $G_2$, on constate que les trois équations forment un système à cœfficients constants pour l'hélice tracée sur un cylindre circulaire.

Le système se ramène à l'équation

$$(1)\qquad \frac{d^4\partial\theta}{d\psi^4}+\frac{d^2\partial\theta}{d\psi^2}(2-b\mathrm{L})+\partial\theta(1+b\mathrm{M}+b^2\mathrm{N})+b\mathrm{H}_2(\mathrm{L}+\mathrm{M}+b\mathrm{N})$$
$$-l_0(1+b\mathrm{M}+b^2\mathrm{N})=0.$$

Dans cette équation, la variable indépendante $\psi$ est l'angle, dont tourne le point M autour de l'axe du cylindre, quand il décrit l'hélice; de plus :

$$\mathrm{H}_2=-\frac{\mathrm{G}_1}{\mathrm{G}_3}\sin\psi+\frac{\mathrm{G}_2}{\mathrm{G}_3}\cos\psi.$$

La quantité $b$ dépend de la force $\mathrm{G}_3$,

$$b=\frac{\mathrm{G}_3\mathrm{R}^2}{\mathrm{E}\sigma\sin^2\theta},$$

R étant le rayon du cylindre; $\sigma$ la surface de la section de la tige; E le coefficient d'élasticité.

Les quantités L, M, N sont données par les formules

$$\mathrm{L}=\cos\theta\left(\frac{1}{\varkappa^2}+\frac{1}{\lambda^2}\right),\qquad \mathrm{M}=\cos\theta\left(\frac{1}{\varkappa^2}+\frac{\cos 2\theta}{\lambda^2}+\frac{2\sin^2\theta}{\vartheta^2}\right),\qquad \mathrm{N}=\frac{\cos^2\theta}{\varkappa^2\lambda^2},$$

où $\varkappa^2$, $\lambda^2$ sont les rayons de giration autour de $\mathrm{M}_x$, $\mathrm{M}_y$, $\vartheta^2$ la quantité analogue relative à $\mathrm{M}_z$. Enfin $l_0$ est une première constante d'intégration.

Dans les conditions de la pratique, la quantité $b$ reste petite par rapport à l'unité; de plus l'angle $\theta$ est assez voisin de $\frac{\pi}{2}$; les racines de l'équation caractéristique de (1) sont alors, soit de la forme

$$\gamma_1=\beta+i(1-\alpha),\qquad \gamma_2=\beta-i(1-\alpha),\qquad \gamma_3=-\beta+i(1-\alpha),$$
$$\gamma_4=-\beta-i(1-\alpha)$$

avec

$$\beta=\frac{1}{2}\sqrt{b(\mathrm{L}+\mathrm{M})},\qquad \alpha=\frac{1}{8}b(\mathrm{L}-\mathrm{M}),$$

quand $\mathrm{G}_3$ est positif, c'est-à-dire correspond à une traction; soit de la forme

$$\gamma_1=i(1+\beta-\alpha),\qquad \gamma_2=-i(1+\beta-\alpha),\qquad \gamma_3=i(1-\beta-\alpha),$$
$$\gamma_4=-i(1-\beta-\alpha)$$

avec

$$\beta=\frac{1}{2}\sqrt{-b(\mathrm{L}+\mathrm{M})},\qquad \alpha=\frac{1}{8}b(\mathrm{L}-\mathrm{M}),$$

quand $\mathrm{G}_3$ est négatif, c'est-à-dire correspond à une compression du ressort.

L'expression de $\delta\theta$ est donc de la forme

$$\delta\vartheta = l_0 - \mathrm{H}_2 + f(\psi)$$

avec

$$f(\psi) = l_1 e^{\gamma_1\psi} + l_2 e^{\gamma_2\psi} + l_2 e^{\gamma_3\psi} + l_4 e^{\gamma_4\psi}.$$

Ainsi le ressort ne se comporte pas de la même façon à la compression et à la traction; dans le premier cas ne s'introduisent, dans $f(\psi)$, que des fonctions trigonométriques; dans le second, $f(\psi)$ contient des exponentielles à exposants réels. Pour se rendre compte de l'importance que peut avoir cette différence, il faut introduire les conditions aux limites, qui permettent de calculer les constantes $l_0$, $l_1$, $l_2$, $l_3$, $l_4$; ce calcul exige celui des expressions $\delta\varphi$, $\delta\psi$ et des trois quantités $\delta p$, $\delta q$, $\delta r$, variations des rotations du trièdre $\mathrm{M}x, y, z$.

Ces dernières se simplifient notablement; car la quantité $\alpha$ reste petite par rapport à $\beta$ et, en les limitant à leurs parties principales, il est possible d'obtenir des formules donnant les déplacements des extrémités du ressort en fonction de $G_1$, $G_2$, $G_3$, aussi bien dans le cas où les sections extérieures sont encastrées que dans celui où elles sont libres de pivoter autour de leur centre.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Étude de l'élasticité de torsion des aciers au nickel à haute teneur en chrome.* Note [1] de M. **P. Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'analogie constatée entre les anomalies de dilatabilité et d'élasticité des aciers au nickel a conduit M. Guillaume à prévoir l'existence d'un élinvar (alliage à module d'élasticité invariable), et même d'en donner par avance la composition. Le succès qui a couronné ses efforts est un témoignage indiscutable de la sécurité avec laquelle on se meut aujourd'hui au travers des questions complexes que soulève l'anomalie de ces singuliers alliages

De mon côté, j'ai entrepris, au laboratoire des Aciéries d'Imphy, de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, une étude détaillée de l'élasticité de torsion des alliages de fer et de nickel fortement additionnés de chrome, et tracé des réseaux étendus des changements du module, en fonction à la fois de la température et de la composition. La méthode expérimentale a été rappelée dans une Note récente.

Je me suis limité au domaine de l'anomalie réversible, en étudiant trois

[1] Séance du 5 juillet 1920.

séries de ferro-nickels contenant des quantités de chrome respectivement très voisines de 5, 10 et 15 pour 100; ces alliages ont été préparés au four électrique; afin de rendre possible le forgeage il a fallu incorporer des proportions de manganèse atteignant jusqu'à 1,2 pour 100, dans les alliages les plus chromés.

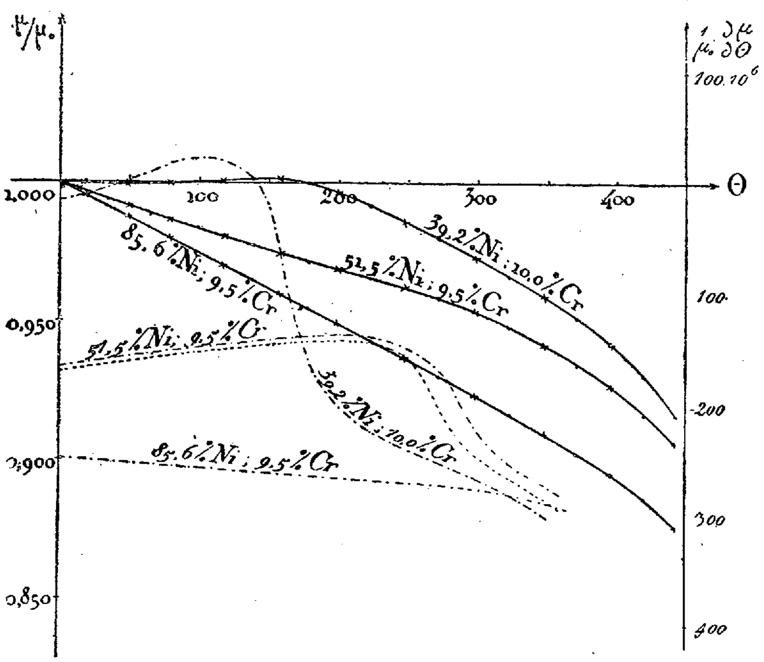



Fig. 1. — *Traits pleins* : Valeurs relatives du module de torsion de trois alliages de fer et de nickel contenant environ 10 pour 100 de chrome.
*Traits et points* : Coefficients de la variation thermique du module.

Les résultats principaux se rapportent aux alliages *recuits à* 800°. La figure 1, reproduite à titre d'exemple, montre la marche du module (traits pleins) et celle du coefficient thermo-élastique vrai (traits et points) pour trois alliages recuits appartenant à la série 10 pour 100 Cr. On voit que, pour le premier d'entre eux, la valeur du module reste pratiquement constante sur un intervalle qui, partant de 0°, atteint près de 180°.

Les diagrammes (*fig.* 2 et 3) résument les résultats relatifs aux deux dernières séries d'alliages; ces résultats ont été préalablement élaborés de manière à correspondre aux teneurs exactes 10 et 15 pour 100 Cr, alors que les teneurs individuelles des alliages présentent de petits écarts par rapport à ces quantités.

En rapprochant ces diagrammes de celui qui a été reproduit dans une précédente Note, on peut suivre l'abaissement graduel de l'anomalie, dont

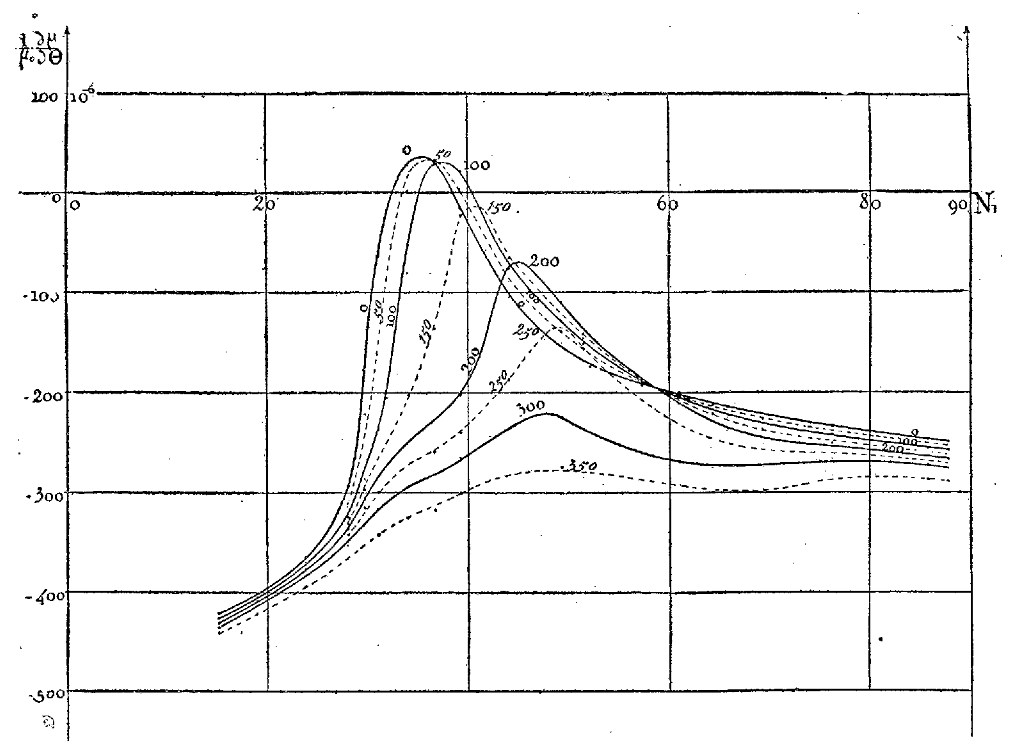



Fig. 2. — Valeurs du coefficient de variation thermique du module de torsion dans les aciers au nickel additionnés de 10 pour 100 de chrome.

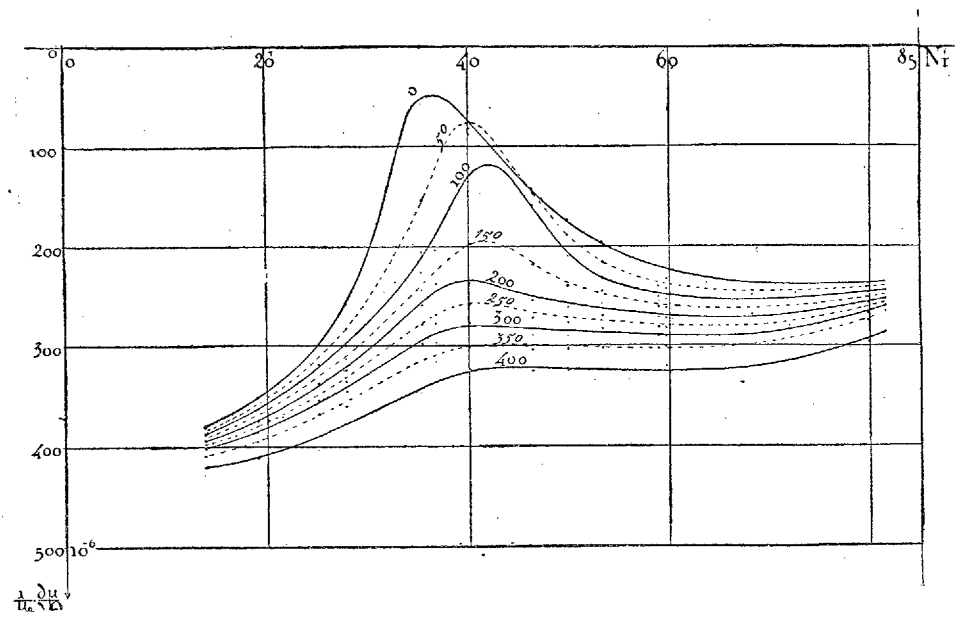



Fig. 3. — Valeurs du coefficient de variation thermique du module de torsion dans les aciers au nickel additionnés de 15 pour 100 de chrome.

le maximum, très élevé dans les alliages purs, se trouve légèrement au-dessus de l'axe des abscisses pour les alliages à 10 pour 100 Cr, et tombe au-dessous pour ceux à 15 pour 100 Cr ; c'est entre ces deux séries, au voisinage de 12 pour 100 Cr, que le maximum est tangent à l'axe zéro, et que se trouve, en conséquence, réalisé un alliage à élasticité parfaitement constante sur un large intervalle de température (élinvar absolu).

Le coefficient thermo-élastique des alliages chromés, comme celui des ferro-nickels purs, est modifié notablement par les interventions thermiques et mécaniques (la trempe augmente l'amplitude de l'anomalie alors que l'écrouissage la diminue). On tire parti de cette propriété, dans la fabrication de l'élinvar de torsion, pour compenser, par un traitement convenable, l'influence des petits écarts de composition.

Un autre résultat de l'addition du chrome est d'élever la température de rapide croissance du décrément. C'est grâce à cette particularité que j'ai pu déterminer les valeurs du coefficient thermo-élastique jusqu'à 400° pour les alliages à 15 pour 100 Cr, alors que, pour les alliages binaires, les expériences n'auraient conduit, au-delà de 300°, qu'à des résultats illusoires.

AÉRODYNAMIQUE. — *Remarques sur les lois de la résistance des fluides.* Note [1] de M. E. **Jouguet**, présentée par M. Hadamard.

1. Dans un rapport publié aux *Comptes rendus* du 25 février 1920, M. Hadamard a signalé les importants travaux de balistique poursuivis pendant la guerre par MM. Darrieus, Langevin et Vessiot et a fait connaître qu'ils étaient fondés sur une forme particulière de la loi de la résistance de l'air, déduite par M. Darrieus de la théorie cinétique des gaz et rattachée par M. Langevin à des considérations de similitude.

Sans entrer ici dans les questions de balistique, je voudrais présenter, sur l'application des considérations de similitude à l'étude de la forme de la loi de la résistance des fluides, quelques indications historiques et, en même temps, rappeler et compléter quelques résultats que j'ai donnés moi-même dans divers écrits publiés depuis 1905 [2].

---

(1) Séance du 5 juillet 1920.

(2) Voir notamment *La résistance de l'air et les expériences sur les modèles réduit* (*Revue de Mécanique*, janvier 1913). On trouvera dans cet écrit les renseignements bibliographiques qui ne sont pas donnés ici. Quelques-unes des indications de la présente Note sont en outre développées dans un Mémoire rédigé en 1919 et qui paraîtra prochainement.

2. Il résulte d'un théorème de Helmholtz généralisé que, dans les mouvements lents des fluides, la viscosité et la conductibilité ont un rôle considérable, la compressibilité un rôle faible et que c'est l'inverse dans les mouvements rapides. On est donc conduit, pour étudier la résistance des fluides aux mouvements lents d'un solide, à les considérer comme incompressibles et visqueux. C'est ce qu'ont fait Stokes et ses continuateurs. Les théories de ces auteurs supposent les carrés des vitesses négligeables et donnent une résistance proportionnelle à la vitesse.

Cette approximation ne suffit plus quand les vitesses ne sont pas très petites. Profitant de la faiblesse de la viscosité de nombreux fluides naturels, on peut rechercher ce qu'est la résistance pour un fluide incompressible non visqueux. Cette recherche a été entreprise dès le XVII^e^ siècle par le P. Pardies, Huygens et Mariotte, dont les raisonnements étaient de véritables considérations de similitude. Elle a été poursuivie par les savants modernes (Reech, Froude). L'homogénéité conduit à considérer la résistance comme proportionnelle à la surface, à la densité et au carré de la vitesse.

3. C'est Newton qui a appliqué le premier la théorie de la similitude aux fluides compressibles. Mais ses raisonnements sont fondés sur des hypothèses moléculaires. L'introduction de cette théorie dans l'hydrodynamique moderne des gaz est due à Bertrand, Stokes, Helmholtz, Smoluchowski. Je me suis occupé moi-même de cette question. J'ai fait voir notamment que la présence des ondes de choc ne trouble pas les raisonnements fondés sur la similitude et que les lois des gaz parfaits peuvent remplacer, dans certains raisonnements de Newton, les hypothèses moléculaires de cet auteur.

En ce qui concerne l'application à la loi de la résistance de l'air, il faut mentionner spécialement MM. Bairstow et Booth qui, en 1910, à propos de recherches sur la navigation aérienne, ont montré que la résistance des gaz parfaits est proportionnelle à la surface, à la densité et au carré de la vitesse, à la condition qu'on opère à des vitesses qui soient dans le rapport des vitesses du son. C'est là en somme la loi donnée par MM. Darrieus, Langevin et Vessiot pour la balistique où le problème se complique de l'existence d'ondes de choc. Je ne connais malheureusement le travail de Bairstow et Booth que par une citation de lord Rayleigh, et je ne puis comparer en détail leur démonstration à celle des trois savants français (1). M. Langevin a, en

(1) On trouvera, dans mon Mémoire précité, une démonstration du résultat de Bairstow et Booth en l'absence d'onde de choc. L'extension au cas des ondes de choc résulte immédiatement de la remarque que je viens de rappeler plus haut.

outre, vérifié expérimentalement la nouvelle loi par une méthode très ingénieuse.

Il faut mentionner aussi le beau théorème par lequel Newton a démontré que, aux grandes vitesses, la résistance des fluides compressibles tend à devenir proportionnelle à la densité, à la surface et au carré de la vitesse. J'ai montré que les hypothèses moléculaires sur lesquelles est fondé le raisonnement de Newton peuvent être remplacées par les lois des gaz parfaits et de leurs ondes de choc; que, notamment, un certain fluide auxiliaire considéré par Newton dans sa démonstration est équivalent à un gaz parfait au zéro absolu. Le théorème de Newton est donc exact pour les gaz parfaits et l'étude faite par Hugoniot du mouvement d'un piston qui provoque des ondes planes le confirme dans un cas particulier.

A la place des gaz parfaits, on peut envisager une famille de gaz qui suivent la loi des états correspondants. Il y a deux manières, pour des gaz, de suivre cette loi. Dans la première, les états correspondants de deux gaz quelconques de la famille sont semblables au point de vue de la statique et des mouvements isothermes. Dans la seconde, ils le sont aussi au point de vue des mouvements adiabatiques. La seconde manière est réalisée par les groupes de gaz qui suivent, avec la loi proprement dite de Van der Waals, celles d'Amagat et de Leduc. Bornons-nous à ces groupes, et comparons la résistance que les divers gaz d'un même groupe exercent sur des solides. Cette résistance est de la forme $f(x, y, s)\, S\rho V^2$, en désignant par $x$ et $y$ la densité et la température réduites, par $s$ le rapport de la vitesse V à la vitesse du son dans l'état critique, par S la surface du solide dont la vitesse est V, par $\rho$ la densité du fluide.

4. Mais les considérations de similitude ne fournissent pas une théorie de la résistance : elles ne donnent qu'un cadre pour une telle théorie. Elles ne font connaître des propriétés de la résistance qu'*à la condition que cette résistance existe*. Elles doivent être complétées en montrant comment on peut échapper au paradoxe de d'Alembert, en vertu duquel la résistance d'un fluide non visqueux est nulle si le mouvement est nul à l'infini.

Pour les fluides incompressibles, on trouvera une discussion des moyens proposés pour obtenir ce résultat dans un Mémoire publié en janvier 1913 dans la *Revue de Mécanique*. Pour les fluides compressibles *aux vitesses supérieures à celle du son*, l'échappatoire est fournie par la présence de l'onde de choc, constatée par l'expérience. Du moment qu'il existe une onde de choc, *se propageant dans la matière*, il résulte d'un théorème de Duhem [1]

[1] *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 592.

que le mouvement n'est pas nul à l'infini et par suite que le paradoxe de d'Alembert n'a pas à intervenir.

On peut remarquer aussi que l'onde de choc ne peut exister que parce que le mouvement est rapide. Dans les mouvements rapides, en effet, la viscosité joue un rôle faible, et Duhem a montré qu'une viscosité faible était nécessaire pour l'existence d'une quasi-onde d'épaisseur faible, assimilable à une onde.

Rappelons enfin que les considérations de similitude ont été employées pour étudier la résistance des fluides visqueux par les savants anglais ([1]).

PHYSIQUE. — *Les deux mécaniques simultanées et leurs liaisons réelles* ([2]). Note de M. G. Sagnac, présentée par M. Lippmann.

*L'Éther réel révélé par la relativité newtonienne et statistique.* — Avec Bernoulli, Maxwell, Clausius, etc., l'Atomisme a considéré les lois expérimentales de la statique des gaz et de la thermodynamique comme des lois extérieures, de pures moyennes ou de probabilités, dues au mécanisme intérieur de superposition des fluctuations des molécules. Par ces liaisons statistiques, ont été réunies la mécanique de la matière en masse et celle des molécules; la première ayant fourni la base expérimentale, les lois des liaisons ont fait découvrir la mécanique moléculaire.

De même, toutes les hypothèses arbitraires sur les ondes de l'Éther étant écartées, la mécanique classique en révèle les lois avec précision et évidence, en partant de la base expérimentale que représentent les invariants newtoniens de la matière : *l'espace de référence* solide en translation $S_u$ et le *temps universel* des horloges matérielles.

L'énergie totale de chaque élément sinusoïdal de radiation est entraînée réellement avec la matière de la source lumineuse et son système de référence $S_u$; elle a dans $S_u$ une vitesse réelle C, constante fondamentale de la relativité réelle.

Le flux lumineux d'aspect continu, superposition réelle d'un nombre considérable d'éléments sinusoïdaux de diverses fréquences dans $S_u$, totalise exactement les éléments d'énergie indépendants (loi statistique de Gouy) et participe à l'entraînement complet qui rend le champ de radia-

---

([1]) Voir *Scientific Papers* de lord Rayleigh, vol. 5. Voir aussi mon Mémoire précité.

([2]) Voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, et t. 170, 1920.

tion indépendant de la translation rectiligne et uniforme (*loi de relativité newtonienne de l'énergie totale*).

Ainsi, la loi de Gouy résulte de la statistique des petits mouvements superposés des divers éléments sinusoïdaux, newtoniens chacun dans son énergie totale.

La relativité newtonienne de chaque élément de radiation n'est elle-même que le dernier aspect de cette relativité, et dès que l'on examine la mécanique intérieure de cet élément, formé d'une suite liée de nombreuses ondes, on doit franchir tout d'un coup le passage jusqu'ici insoupçonné qui, de l'énergie totale entraînée exactement dans la translation de la source $s_u$ et du champ $S_u$, aboutit aux ondes de l'Éther *non entraînées*.

*La transformation mutuelle des deux mécaniques simultanées.* — C'est la pure mécanique de superposition des petits mouvements qui précise cette étonnante transformation, prévue dès 1893 par notre intuition : la genèse d'une énergie totale exactement entraînée avec la matière de la source lumineuse est réellement compatible avec la superposition *d'ondulations non entraînées* et il n'y a aucune hypothèse arbitraire à postuler. Au contraire, il faut laisser aux lois ondulatoires l'indétermination complète que feront cesser les *deux conditions* de liaison imposées par les deux invariants newtoniens de l'énergie, celui du *temps de lumière* et celui de l'*espace optique* (expérience de Michelson et Morley).

1° *La vitesse* C est constante dans $S_u$ pour chaque élément d'énergie lumineuse, élément sinusoïdal concevable idéalement comme dans la théorie de superposition découverte par Gouy, à la suite de l'étonnante théorie de Fourier, qui a permis de représenter un ébranlement complexe quelconque du mouvement lumineux.

En recherchant ce qu'il y avait de commun à tous les milieux vibrants, éther immobile ou matière, nous avons trouvé la loi générale de transformation de la vitesse des ondes en vitesse de l'énergie totale sous la forme qui utilise un *battement sinusoïdal* de deux ondulations de longueurs $\mu$ et $(\mu + d\mu)$, de vitesses V et $(V + dV + dv)$ dans le même système de référence. La seconde ondulation est due à une image de la première source, entraînée avec la vitesse supplémentaire radiale $dv$; en donnant à l'un des deux miroirs de l'interféromètre de Michelson une vitesse $dv$ parallèle à son plan, il suffit d'observer au foyer d'une lunette le centre des anneaux d'interférence, qu'on verra briller périodiquement. Nous reproduisons ici notre première liaison des ondes de l'éther et de la relativité

newtonienne de l'énergie totale [1]:

$$\text{(I)} \qquad \Theta = \frac{\mu}{C - V} = \frac{-d\mu}{dV + dv},$$

$$\text{(I bis)} \qquad = \frac{\mu}{C' - V'} = -\frac{d\mu}{dV'}.$$

C'est l'énergie totale contenue dans chacun des battements complets successifs d'un nombre suffisamment grand d'ondulations qui est évidemment transportée avec une vitesse définie C, en liaison avec la vitesse de glissement relatif $(dV + dv)$ des deux séries d'ondes; celles-ci forment une sorte de vernier en translation et leur coïncidence est l'indicateur de la vitesse de l'énergie.

On voit que, sous la seconde forme (I *bis*), interviennent non plus dans le champ $S_u$, mais dans le système de référence universel, les *vitesses radiales* C' ou $(C + v)$ de l'énergie et V', ou $(V + v)$ des ondes.

Il y a *analogie* analytique de (I *bis*) avec la loi de dispersion de sir G. Stokes (ondes capillaires dont la vitesse est, à la surface de l'eau, les deux tiers de celle du groupe d'ondes) ou celle de Gouy et de lord Rayleigh dans les milieux optiques, vérifiée par les expériences de Michelson sur le sulfure de carbone, et par celles de Gutton sur les ondes électriques. Mais aucune dispersion, fonction de la fréquence $N_0$ de la source au repos, n'existe ici dans les champs $S_0$ isotropes et immobiles $(u = 0)$, ni dans les champs $S_u$.

2° L'absence d'influence de toute variation de vitesse purement transversale est justifiée par la seconde loi de liaison des deux mécaniques simultanées de la radiation [2] (*loi de l'espace optique*) :

$$\text{(II)} \qquad f = \frac{\lambda}{\mu} = 1 + F\left(\frac{u}{c}\right)\cos\alpha.$$

Combinée à la première, elle donne finalement

$$f = 1 + \frac{u}{c}\cos\alpha = 1 + \frac{v}{c}.$$

La loi de la fréquence réduite achève la solution

$$g = \frac{N}{N_0} = 1 - \frac{u^2}{2c^2}.$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 460.
(2) *Loc. cit.*, p. 529.

Dans ces lois rigoureuses, la longueur d'onde $\mu$ ne dépend que de la vitesse radiale $v$ de la source $s_u$ et du champ $S_u$, dans le système de référence universel $\Sigma_0$ réunion de tous les champs $S_0$ ondulatoirement isotropes. Les variations de $v$ sont l'origine générale de toutes les liaisons vibratoires dues à la translation de $S_u$ dans $\Sigma_0$. D'autre part, $g(u^2)$ varie exactement en raison de la loi simple qui identifie $du^2$ avec $dv^2$ lorsque $v$ seule varie.

Nous avons vu comment la vitesse relative $(C - V)$ ou $(C' - V')$ des ondes et de l'énergie, déduite exactement de la valeur $C\frac{g}{f}$ de V, définit pratiquement la valeur même de $v$, vitesse radiale du système entier, la Terre par exemple, dans le système universel $\Sigma_0$. Dans le sens de $v$, les ondes propagées reculent par rapport à l'énergie. C'est dire que les ondes sont emportées par un *vent d'éther* de vitesse $(-v)$. La T. S. F., devançant la théorie sans le savoir, a découvert en 1895-1902 le mouvement relatif des ondes et de l'énergie que les expérimentateurs, non avertis, ont apprécié comme un simple effet d'interférence, effet réellement impossible dans les conditions régulières utilisées sur mer (¹).

C'est donc à la mécanique classique qu'appartient de nouveau la puissance de recherche du *réel caché*.

PHYSIQUE. — *Étude du rapport des retards absolus dans le sulfure de carbone pour des durées de charge croissantes. Apparition de l'électrostriction.* Note (²) de M. **Pauthenier**, présentée par M. J. Violle.

Lorsque la durée de charge du condensateur de Kerr (³) dépasse notablement le millionième de seconde, le rapport des retards dans le sulfure de carbone ne reste plus égal à $-2$.

Nous avons conservé au circuit de Kerr la même constante de temps, d'ailleurs très petite, que dans nos recherches antérieures. Pour augmenter l'intervalle de temps qui sépare la charge du condensateur de l'instant très court, où on lui envoie de la lumière, il suffit de faire croître la résistance du *circuit d'éclairage*. Nous avons utilisé, dans ce but, une colonne d'eau de longueur variable, convenablement refroidie.

La résistance du condensateur de Kerr est de l'ordre de 700 mégohms.

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1239.
(²) Séance du 5 juillet 1920.
(³) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 101, 803 et 1576.

Il est donc possible d'augmenter considérablement la durée de charge sans être gêné par l'effet Joule.

Nous distinguerons dans les phénomènes deux périodes.

Première période. — *La durée de charge* $\theta$ *est inférieure à* $8,1.10^{-6}$ *seconde.* — Nous désignerons les déplacements des franges par $\Delta_1$ (vibrations perpendiculaires au champ) et $\Delta_2$ (vibrations parallèles au champ). Ils sont comptés positivement dans le sens d'un retard (vers le haut du champ), négativement dans le sens d'une avance (vers le bas du champ), et évalués en divisions du tambour.

Un interfrange (franges jaunes) correspond à 30 divisions.

Les résultats sont résumés par le Tableau suivant, et représentés par la courbe de la figure 1.

| $\theta$ (en millionièmes de seconde). | 0,65. | 1,3. | 2,5. | 4,9. | 7. | 8,1. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta_1$ | $-12$ | $-13,5$ | $-13$ | $-9$ | $-4$ | $0$ |
| $\Delta_2$ | $+24$ | $+27$ | $+31,5$ | $+35,5$ | $+42$ | $+45$ |
| $\rho' = \dfrac{\Delta_2}{\Delta_1}$ | $-2,0$ | $-2,0$ | $-2,4$ | $-3,7$ | $-10,6$ | $-\infty$ |

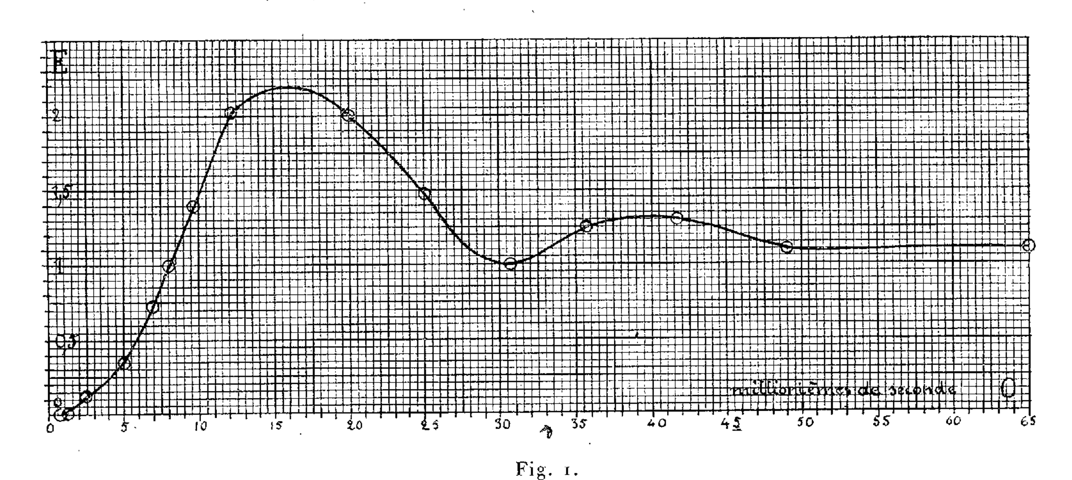



Fig. 1.

Nous voyons apparaître l'influence de l'*électrostriction*, ou contraction d'un liquide sous l'effet du champ électrique. Cette contraction produit une augmentation isotrope d'indice qui agit bien dans le sens d'un *retard*. La croissance progressive de $\theta$ permet de suivre la variation du phénomène dans le temps.

Lorsque $\theta = 8,1.10^{-6}$ seconde, l'effet d'électrostriction compense exacte-

ment la biréfringence pour les vibrations perpendiculaires au champ, primitivement avancées : les franges correspondantes paraissent alors échapper complètement à l'action du champ.

On vérifiera sur le Tableau précédent que la différence des deux déplacements reste sensiblement égale à 45 divisions, sauf pour les temps très courts, parce qu'alors le condensateur de Kerr n'est pas encore complètement chargé au moment de l'étincelle.

Deuxième période. — *Durées de charge supérieures à* $8,1.10^{-6}$ *seconde.* — Les franges dues aux vibrations perpendiculaires au champ se déplacent maintenant *vers le haut* du champ, dans le sens d'une avance : la valeur instantanée de l'électrostriction au moment de l'étincelle continue d'abord à grandir.

Le déplacement $\Delta_1$ passe par un maximum, puis décroît jusqu'au voisinage de zéro. Ensuite, il recommence à croître très légèrement, diminue à nouveau et reste ensuite constant, positif et très faible, lorsque $\theta$ continue à grandir : *l'électrostriction a pris alors sa valeur statique.*

Les observations sont résumées par le Tableau suivant :

| | $\theta$ (en millionièmes de seconde). | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9,8. | 12,3. | 20. | 25. | 30,7. | 35,7. | 41,7. | 49. | 65,6. |
| $\Delta_1$...... | +6 | +16 | +15 | +7 | 0 | +4 | +4,5 | +2 | +2 |
| $\Delta_2$...... | +52 | +62 | +60 | +51 | +44 | +49 | +49,5 | +46 | +47 |

La différence des deux déviations reste encore sensiblement constante et égale à 45.

On peut mettre en évidence une quantité E, proportionnelle à l'effet de l'électrostriction, nulle pour $\rho' = -2$, en posant $\rho' = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = \frac{E+2}{E-1}$, d'où l'on tire

$$E = \frac{\rho'+2}{\rho'-1}.$$

Les variations de E sont données par le Tableau ci-dessous et représentées par la courbe de la figure 2.

| $\theta$ (millionièmes de seconde). | 0,65. | 1,3. | 2,5. | 4,9. | 7. | 8,1. | 9,8. | 12,3. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E...................... | 0 | 0 | 0,12 | 0,36 | 0,74 | 1 | 1,4 | 2,03 |

| $\theta$ (millionièmes de seconde). | 20. | 25. | 30,7. | 35,7. | 41,7. | 49. | 65,6. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E...................... | 2 | 1,47 | 1 | 1,26 | 1,3 | 1,1 | 1,1 |

Les oscillations de E montrent que le liquide, brusquement aspiré entre les armatures, ne prend sa position d'équilibre qu'après quelques vibrations.

La méthode permet de saisir leurs diverses phases, du moins tant que l'amplitude n'est pas devenue trop petite.

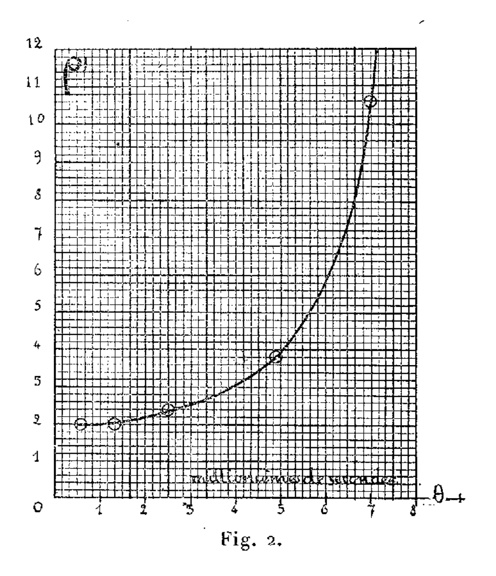


Fig. 2.

Le système oscillant est, à vrai dire, fort complexe de nature et de forme. Toutefois, il convient de noter qu'une perturbation qui se propage dans le sulfure de carbone avec la vitesse du son, soit $116^{cm}$ à la seconde, mettrait $17.10^{-6}$ sec pour parcourir les $2^{cm}$ qui séparent les bords du centre du champ. Or le temps d'établissement du premier maximum est justement du même ordre.

Alors que la valeur statique de $\Delta_2$ est de plus d'un interfrange et demi, les déplacements statiques $\Delta_1$ sont à peine perceptibles. Nos résultats sont donc pleinement d'accord sur ce point avec ceux de Kerr et de Mac Comb. Par des méthodes *statiques*, donnant un déplacement de franges inférieur à un interfrange, ces expérimentateurs ont conclu, en effet, que la composante parallèle au champ est seule influencée par le champ.

Il se trouve en effet que, dans le cas particulier du sulfure de carbone, l'électrostriction compense presque exactement, en champ uniforme, l'effet de la biréfringence pour les vibrations perpendiculaires au champ.

D'une manière générale, il était donc absolument nécessaire d'opérer *avant l'établissement de l'électrostriction* pour contrôler que *le rapport des retards absolus est bien égal à* $-2$, *conformément à la théorie de l'orientation.*

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le contact rectifiant galène-métal. Sensibilisation artificielle et remarques diverses.* Note de M. C. **Florisson**, présentée par M. Villard.

En 1913 j'ai trouvé, un peu fortuitement, qu'on peut sensibiliser des échantillons de galène, naturellement non sensibles, en les chauffant dans une flamme de soufre [1].

Je résume ici l'étude que je viens de faire de ce phénomène. J'étudie successivement les différents facteurs qui ont pu intervenir.

Pour l'examen électrique des échantillons, je me base sur cette remarque :

Les échantillons de galène naturelle, trouvés non sensibles pratiquement, présentent très généralement une *très faible* rectification dans le sens pointe-cristal (sens A); dans le cas des échantillons sensibles naturellement, il y a rectification dans le sens cristal-pointe (sens B). *La sensibilisation artificielle fait apparaître la rectification* B (utilisable pratiquement en T. S. F.) *dans les échantillons de galène à faible rectification primitive* A. Un examen des cristaux, par la méthode des caractéristiques, avant et après le traitement chimique, indique donc s'il y a eu modification.

Le métal utilisé pour le contact est le platine.

1° Action de la chaleur. — Les échantillons de galène sont chauffés dans l'azote et les températures sont mesurées à l'aide d'un couple platine-platine rhodié.

Il n'y a, en général, aucune sensibilisation. Mais certains échantillons, assez rares, fournissant à l'état vierge une certaine proportion de contacts à rectification B très faible (et non utilisable dans la pratique), deviennent nettement et pratiquement rectifiants B par l'action de la chaleur seule.

2° Action de l'air a haute température : *Il n'y a jamais sensibilisation.* — Il y a oxydation superficielle de la galène en sulfate de plomb formant une lame mince qui donne la suite des colorations de l'échelle de Newton lorsque son épaisseur croît; cette lame est soluble dans les solutions de tartrate d'ammonium.

Dans le cas des cristaux sensibles ou sensibilisés, le grillage à l'air détruit la rectification B : *il y a retour à la très faible rectification* A.

3° Action de $SO^4$ pur et sec a haute température. — A partir d'une certaine température minimum (voisine, en général, de 350°) *il y a sensibilisation* B, mais très irrégulière. Il y a, comme dans le cas précédent, *oxydation du sulfure en sulfate;* la lame mince formée, isolante, n'a aucun rôle dans la rectification. Comme il y a, dans ce cas, oxydation à partir d'un milieu contenant S et O, je fis *a priori* l'hypothèse que

---

(1) A propos de ce procédé je n'ai rien trouvé de signalé dans les publications scientifiques. Je ne sais s'il était déjà connu en 1913.

la réaction probable était la suivante :

$$PbS + 2SO^2 \rightarrow SO^4Pb + 2S,$$

*déduisant de là que le facteur amenant la rectification* ÉTAIT LE SOUFRE; d'où l'étude de l'action du soufre.

4° ACTION DU SOUFRE A HAUTE TEMPÉRATURE. — Les fragments de galène sont traités par la vapeur de soufre dans un courant d'azote. *Il y a très généralement sensibilisation* B *excellente* de toute la surface de l'échantillon (sensibilité équivalente à celle des échantillons naturellement sensibles) et non modification de l'aspect des cristaux. Il y a encore existence d'une température minimum nécessaire, variable avec les échantillons traités; mais *tous les échantillons traités subissent une modification.* On obtient donc, selon l'échantillon traité, des contacts dont la rectification est comprise entre la faible rectification A primitive et la rectification B, la meilleure donnée par les échantillons naturellement sensibles.

Ce procédé de sensibilisation est extrêmement pratique, car les cristaux à sensibilisation pratique possible sont très répandus. La décrépitation à la chaleur est souvent un obstacle pour certains échantillons.

5° ACTION DU SÉLÉNIUM PUR, A HAUTE TEMPÉRATURE (conditions d'expérience identiques aux précédentes). — Il y a sensibilisation B; *l'action est identique à celle du soufre* quant au sens de la rectification (B) et à la régularité des résultats obtenus, mais la rectification est très faible et non utilisable dans la pratique. Les fragments traités ainsi, d'aspect inchangé, dégagent une forte odeur de sélénium lorsqu'on les chauffe.

6° MODIFICATION SUPERFICIELLE APPORTÉE PAR LES TRAITEMENTS PRÉCÉDENTS. — *Il y a sûrement formation d'une couche superficielle particulière, contenant probablement plus de soufre que* Pb S, *combinaison ou solution solide* et non simplement une modification physique. Il m'a été, jusqu'ici, impossible de déterminer la nature exacte de cette couche superficielle.

Par un grillage ménagé à l'air, il y a oxydation de la surface sensible avec production, encore ici, de la lame mince de $SO^4Pb$ à colorations. Lorsque cette lame atteint une certaine épaisseur, la destruction de la rectification B est complète, il y a retour à la très faible rectification primitive A. En me basant sur cette remarque et sur les propriétés optiques des lames minces, j'ai déduit que l'épaisseur minimum de la couche superficielle est *approximativement* de $\frac{1}{20000}$ de millimètre.

*Cette couche superficielle particulière produite artificiellement existe sur les galènes naturellement sensibles,* à la surface des cristaux élémentaires (la masse même de ces cristaux présente la rectification A faible) avec des propriétés absolument identiques (aspect, sens de la rectification, forme des caractéristiques, destruction par oxydation, par sublimation dans l'azote, même épaisseur minimum, etc.).

Cette analogie parfaite permet de proposer l'hypothèse suivante, pour l'interprétation de l'existence de galène naturellement sensible :

Lors des dépôts de galène, par cristallisation de solutions de Pb S dans des eaux chargées de $H^2S$ sous pression, il a dû, dans certains cas, se déposer des traces de soufre dans la masse en cristallisation, élément qui a réagi ultérieurement (sans doute par échauffement du filon), produisant à la surface des cristaux élémentaires la couche mentionnée plus haut. Dans d'autres cas, ce soufre déposé a dû rester libre et peut réagir actuellement par chauffage des échantillons qui en contiennent (*voir* n° 1). Enfin les échantillons non sensibles et non sensibilisables par la chaleur seule ne contiendraient pas ces traces de soufre.

J'ai remarqué que l'effet thermo-électrique du contact galène-métal est modifié par la formation de cette couche superficielle.

On sait que R. Goddard (*Physical Review*, 1912) a montré que la rectification, dans le cas des contacts métalliques, n'apparaissait que lorsque l'oxygène, ou un gaz actif, était introduit sur le contact. Dans le cas présent, le soufre jouerait un rôle identique à celui de l'oxygène dans ces expériences, rôle d'ailleurs inconnu pour le moment.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les constituants formés par pénétration réciproque du zinc et du cuivre à une température où ces deux métaux et tous leurs alliages sont à l'état solide* (1). Note de M. **H. Weiss**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La pénétration du cuivre par le zinc au-dessous de 419°, température de fusion de ce dernier, a déjà été mise en évidence par de nombreux auteurs, entre autres par Spring (2) au moyen de l'analyse chimique, par Masing (3) par analyse thermique et micrographie, plus récemment par MM. Guillet et Bernard (4). Nous avons repris l'étude de ce phénomène dans le but d'en déterminer avec précision l'ordre de grandeur et la nature.

Pour cela, on mettait en contact deux échantillons de cuivre ou de laiton

(1) Séance du 5 juillet 1920.

(2) Spring, *Sur l'apparition dans les solides des propriétés des liquides et des gaz* (*Bull. Acad. Roy. Belg.*, t. 28, 1894, p. 23).

(3) Masing, *Über die Bildung von Legierungen durch Druck und über die Reactionfähigkeit der Metale im festen Zustande* (*Zeitskr. für anorg. Chem.*, t. 62, p. 265).

(4) Guillet et Bernard, *Les réserves en cémentation et la diffusion des solides* (*Rev. Métallurgie*, 1914, p. 752).

et de zinc; on les chauffait un certain temps à une température constante inférieure à celle de fusion du zinc (qui fond plus bas que tous les laitons). On faisait une coupe perpendiculaire à la surface de contact et on l'examinait par réflexion au microscope.

Le contact était obtenu de deux façons : soit par refroidissement rapide, après immersion du cuivre ou du laiton dans le zinc fondu, sous une couche de chlorure de zinc; soit en forant un trou dans un cylindre de cuivre et y forçant et écrasant, au marteau, un cylindre de zinc entrant dans le trou à frottement doux.

La première méthode a l'inconvénient de produire d'avance une très mince couche de laiton entre les deux métaux purs, mais l'expérience a montré que l'on pouvait indistinctement employer l'une ou l'autre méthode selon les commodités, le résultat final étant le même.

Le chauffage à température constante était obtenu par une étuve à soufre bouillant sous pression réduite. L'appareil était combiné de manière que les diverses causes de changement de la pression intérieure ne produisent pas des variations de cette dernière, d'amplitude supérieure à $1^{cm}$ de mercure, ce qui permettait d'obtenir avec certitude pendant toute la durée de l'expérience (jusqu'à 10 jours), les températures voisines de 410° à moins de 1° près. Ce détail était important, car une élévation accidentelle de température, atteignant le point de fusion du zinc, aurait fait manquer les expériences toujours longues.

Le sciage et le polissage des échantillons finalement obtenus sont rendus délicats par la dureté et la fragilité du constituant $\gamma$ formé : la scie le brise en morceaux et la lime lui arrache des petits cristaux, ce qui lui donne un aspect spongieux à l'examen micrographique.

Les attaques des surfaces polies sont difficiles à obtenir d'une façon satisfaisante, les réactifs convenant aux laitons riches en cuivre étant médiocres pour ceux riches en zinc et réciproquement. De plus, au voisinage des lignes de séparation des divers constituants, une petite bande de ces derniers est protégée contre l'attaque, sans doute par des phénomènes électriques dus à la pile formée par les deux constituants en contact. Ce phénomène est visible sur la figure 2, où le constituant $\gamma$, irrégulièrement noirci, est bordé d'une bande blanche qui a été protégée contre l'attaque. Le réactif qui a donné les meilleurs résultats est une solution, étendue faiblement, chlorhydrique de perchlorure de fer.

Les constituants qui ont été mis en évidence par cette méthode, après un chauffage de deux jours à 400°, sont les suivants :

1° Le zinc pur ou sa solution solide $\eta$;

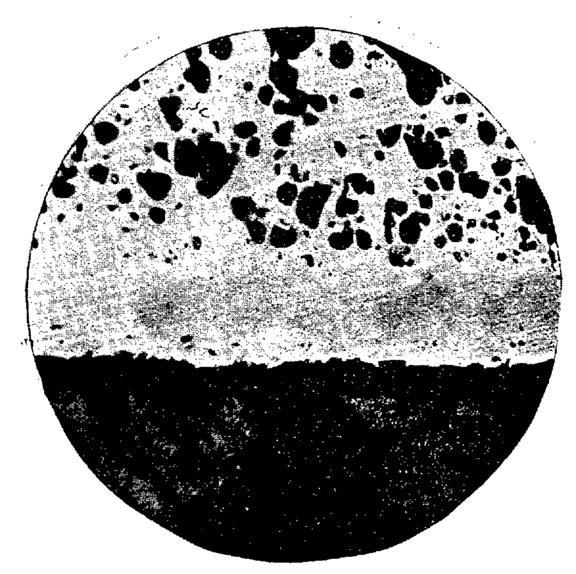


Fig. 1. — Gr. 25.

2° Le constituant $\varepsilon$; épaisseur environ $0^{mm},2$. Au polissage, il ne se dis-



Fig. 2. — Gr. 170.

tingue pas du précédent, mais l'attaque le différencie très bien en colorant le premier en noir;

3° Le constituant $\gamma$; épaisseur environ $1^{mm}$, facilement reconnaissable par sa fragilité au polissage. La figure 1 montre la région de ces trois constituants;

4° Une très fine zone de constituant $\beta$;

5° Le cuivre ou sa solution solide $\alpha$.

Cette méthode n'a pas permis de déceler de différences de composition d'un point à l'autre d'un même constituant.

Le constituant $\beta$ a été identifié de la manière suivante : l'expérience a été reprise en remplaçant le cuivre par du laiton à deux constituants $\alpha + \beta$. La figure 2 montre, à un fort grossissement, la fine zone grise de $\beta$ se raccordant aux taches de $\beta$ du laiton se détachant sur le fond plus clair de solution solide saturée $\alpha$.

Une augmentation de la durée de l'expérience (10 jours) a produit une augmentation de l'épaisseur de la zone $\varepsilon$ ($1^{mm},2$) et $\gamma$ ($1^{mm},5$) sans variation appréciable de la zone $\beta$. Il ne s'est point formé de zone d'alliage à deux constituants, contrairement à ce qui se produit dans les filiations obtenues par superposition des deux métaux fondus.

La formation de tous ces constituants et la variation évidemment discontinue de composition, d'une zone à l'autre, semble indiquer que cette pénétration réciproque est due à des réactions chimiques, donnant naissance à des composés définis qui se dissolvent entre eux et diffusent les uns à travers les autres. Le constituant $\beta$ serait, d'après ces expériences, non pas un eutectoïde non résolu sous le microscope, mais un constituant de la même nature que $\gamma$ ou $\varepsilon$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les phénylpropines.* Note de MM. **Lespieau** et **Garreau**, présentée par M. Haller.

Il semblerait *a priori* que l'élégante méthode de M. Lebeau pour la préparation des carbures acétyléniques vrais donnerait assez facilement le phénylpropine $C^6H^5.CH^2.C \equiv CH$; il suffirait alors de faire agir le chlorure de benzyle sur l'acétylène monosodé au sein de l'ammoniaque liquéfiée. Et M. Picon, qui a étudié cette action, a en effet obtenu un produit brut qui présente les réactions des carbures acétyléniques vrais. Mais il ne paraît pas que le carbure en question forme une quantité importante de ce produit, car dans le vide d'une trompe à mercure il n'a fourni que 25 pour 100 de distillat, constitué d'ailleurs uniquement par l'isomère

$C^6H^5.C \equiv C.CH^3$. L'acétylène monosodé paraît avoir ici provoqué une migration de la triple liaison, comme le fait si souvent la potasse alcoolique.

Cela nous a poussés à essayer la méthode indiquée par MM. Lespieau et Bourguel (¹). Dans ce but nous avons fait agir l'épidibromhydrine $CH^2 = CBr.CH^2Br$ sur le bromure de phénylmagnésium. Nous avons obtenu ainsi, avec un bon rendement, le composé $C^6H^5.CH^2.CBr = CH^2$, liquide incolore bouillant à 102° sous 17ᵐᵐ, et fondant à − 12°,5; sa densité à 0° égale 1,39 (brome pour 100 trouvé, 40,41; poids moléculaire par cryoscopie acétique, 214).

L'attaque de ce corps par la potasse alcoolique à 110° a bien eu pour résultat l'enlèvement d'une molécule d'acide bromhydrique, mais en même temps la triple liaison a migré, on est arrivé au phénylpropine $C^6H^5.C \equiv C.CH^3$, avec les propriétés que lui a reconnues Nef. C'est un liquide incolore, mais qui devient rapidement jaunâtre à la lumière; il bout à 75° sous 16ᵐᵐ, et à 181° sous la pression normale, mais alors il se polymérise en partie pendant la distillation. Son odeur est aromatique et non désagréable, contrairement à l'opinion de Körner.

Nous avons alors cherché à obtenir le produit d'addition de deux atomes de brome sur le phénylpropine acétylénique vrai. A cet effet nous avons fixé deux atomes de brome sur le composé $C^6H^5.CH^2.CBr = CH^2$, ce qui nous a donné le tribromure $C^6H^5.CH^2.CBr^2.CH^2Br$, liquide bouillant à 175°-176° sous 18ᵐᵐ (brome pour 100 trouvé, 67,20; poids moléculaire cryoscopique, 366), mais le rendement a été faible, car il s'est fait une notable quantité de produits de substitution.

L'attaque de ce tribromure par le sodium dissous dans l'alcool à 95° nous a donné un liquide d'où, probablement par insuffisance de matière, il ne nous a pas été possible d'extraire un corps défini; néanmoins les portions de ce liquide qui bouillent aux environs de 145° sous 17ᵐᵐ, traitées par le zinc et l'alcool, fournissent un corps qui précipite le nitrate d'argent alcoolique et le chlorure cuivreux dissous dans l'ammoniaque.

Ce résultat nous a conduits à modifier un peu la méthode : au lieu de bromer le produit de l'action de l'épidibromhydrine sur le magnésium, pour enlever ensuite une molécule d'acide bromhydrique, nous avons fait ces opérations au préalable sur l'épidibromhydrine, et c'est alors le tribromure $CHBr = CBr.CH^2Br$ que nous avons fait agir sur le bromure de phénylmagnésium. On évite ainsi les substitutions possibles, et les

(¹) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1584.

départs d'hydracides s'effectuant à une place autre que celle désirée.

Le résultat a été toutefois un peu différent que celui que nous attendions; le composé acétylénique vrai que nous cherchions s'est produit ici en quantité notable, alors que nous pensions obtenir seulement son dibromure. Quant à ce dernier, il se produit aussi, semble-t-il, car les liquides passant vers 145° sous 17mm, formés dans cette réaction, se comportent comme ceux dont il a été question plus haut vis-à-vis de la poudre de zinc, mais nous n'avons pas pu les purifier.

L'expérience précédente nous a conduits à faire réagir le propylène tribromé sur un peu plus de trois molécules de bromure de phénylmagnésium. 150g de ce tribromure nous ont alors fourni 25g de phénylpropine $C^6H^5.CH^2.C\equiv CH$ à peu près pur, soit un rendement de 40 pour 100 du rendement théorique. On a purifié ce carbure par distillation dans le vide.

Le phénylpropine $C^6H^5.CH^2.C\equiv CH$ est un liquide incolore, d'une odeur à la fois aromatique et acétylénique, d'une saveur brûlante, ne jaunissant pas à la lumière, bouillant à 70°-71° sous 20mm. Sous la pression normale il distille partiellement à 166°, mais une forte quantité se polymérise en même temps et il reste dans le ballon une résine jaune, fluide à chaud, et douée d'une belle fluorescence violette. Le corps fraîchement distillé répond à la formule $C^9H^8$ (cryoscopie acétique, 116,4; analyse C, 92,37; H, 6,98).

Ce carbure précipite abondamment les réactifs des composés acétyléniques vrais. Avec le nitrate d'argent alcoolique on obtient des cristaux répondant à la formule $C^6H^5.CH^2.C\equiv CAg, NO^3Ag$ (argent pour 100 trouvé, 54,36).

Le précipité cuivreux obtenu comme d'habitude se produit sans qu'on retrouve aucun carbure non combiné, soit dans les liquides d'essorage, soit dans l'alcool de lavage, ce qui exclut la présence de l'isomère non acétylénique vrai. Ce précipité cuivreux traité par un excès d'iode fournit un triodure $CI^2=CI.CH^2.C^6H^5$, blanc, mais rougissant à la lumière avec une extrême rapidité et qui, après s'être précipité cristallisé par refroidissement de sa dissolution dans l'alcool chaud, fond à 84°-85°. On y a trouvé 76,32 pour 100 d'iode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique des nitriles, mécanisme de la formation des amines secondaires et des amines tertiaires.* Note de M. Georges Mignonac, présentée par M. Ch. Moureu.

Par hydrogénation catalytique, effectuée en milieu liquide et sensiblement anhydre, en présence de nickel, on peut mettre en évidence le mécanisme de la réduction des oximes et la formation intermédiaire d'imine ([1]). Il m'a paru intéressant de chercher à réaliser d'une manière semblable l'hydrogénation partielle des nitriles ($RC \equiv N$), en vue d'isoler soit les imines correspondantes ($RCH = NH$), soit leurs produits de condensation, soit enfin ces produits de condensation partiellement hydrogénés.

Je parlerai dans cette Note de la réduction des nitriles aromatiques que j'ai tout d'abord étudiée parce que, dans ce cas, la réaction doit présenter la plus grande netteté; les imines étant plus stables et donnant des produits de condensation d'autant moins complexe que le résidu supportant la fonction imine est plus électronégatif.

La fixation de l'hydrogène sur les nitriles en milieu liquide et neutre a fait l'objet de quelques travaux. Brünner et Rapin ([2]), en utilisant un alliage facilement décomposable par l'eau (magnésium activé, alliage Devarda), ont réduit, en milieu hydro-alcoolique, un certain nombre de nitriles. A côté de l'amine primaire, ils ont observé la formation de l'amine secondaire, d'ammoniac et d'une certaine proportion d'aldéhyde. Un peu plus tard, Paal et Gérum ([3]) ont appliqué au benzonitrile leur méthode générale d'hydrogénation par le palladium colloïdal en milieu hydro-alcoolique. Ces auteurs ont obtenu un mélange de benzylamine de dibenzylamine d'ammoniac et d'un peu d'aldéhyde benzoïque. Dans ces deux réactions, on voit apparaître l'aldéhyde dont la formation est due à l'hydrolyse de l'imine ($RCH = NH$) tout d'abord formée. Paal et Gérum sont les premiers qui se soient préoccupés de l'origine de la dibenzylamine; ils admettent que l'aldéhyde benzoïque réagissant sur l'ammoniac issu de l'hydrolyse de l'imine donne l'hydrobenzamide; l'hydrobenzamide hydrogénée conduit à un mélange de benzylamine et de dibenzylamine, ainsi que l'a montré O. Fischer ([4]).

---

([1]) G. Mignonac, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 936.
([2]) Brünner et Rapin, *Schw. voch. chem. pharm.*, t. 46, 1908, p. 435.
([3]) Paal et Gérum, *Ber.*, t. 42, 1908, p. 1554.
([4]) O. Fischer, *Ann. der Chem.*, t. 241, p. 328.

J'ai repris l'étude de l'hydrogénation du benzonitrile, mais en présence de nickel (catalyseur moins actif en milieu liquide que le palladium ou le platine) en opérant en milieu anhydre (alcool absolu, éther anhydre) à la température ambiante et suivant la technique déjà décrite [1]. L'absorption de l'hydrogène a lieu très régulièrement; l'opération est interrompue quand on a fixé un volume de gaz correspondant à une molécule d'hydrogène pour une molécule de nitrile. La solution possède une forte odeur d'ammoniaque; après avoir chassé le solvant, on sépare, de l'excès de nitrile, 1 partie de benzylamine et 2 à 2,5 parties de benzalbenzylamine ($C^6H^5CH = N - CH^2C^6H^5$). En continuant l'hydrogénation, la benzalbenzylamine est transformée en dibenzylamine. On obtient sensiblement les mêmes résultats en effectuant la réduction soit dans l'alcool absolu, soit dans l'éther anhydre. On voit que pour cette expérience l'hypothèse de Paal ne permet plus d'expliquer la formation de l'amine secondaire, la réaction étant effectuée en milieu anhydre il n'y a plus, en effet, formation d'aldéhyde benzoïque.

Mais si l'on admet que le premier terme de l'hydrogénation du nitrile est la benzaldimine

$$C^6H^5C \equiv N + H^2 = C^6H^5CH = NH$$

[la formation de benzaldimine ne peut être mise en doute, car en effectuant la réduction dans les mêmes conditions, mais en présence d'eau (15 pour 100 d'eau), on retrouve une forte proportion d'aldéhyde benzoïque], on est conduit à penser que la benzalbenzylamine résulte de l'hydrogénation d'un produit de condensation de l'imine. Or, il est un fait général : les composés iminés se condensent très facilement avec élimination de gaz ammoniac. Précisément à cause de cette condensation rapide, Busch [2], qui a préparé le chlorhydrate de benzaldimine, n'a pu isoler la base à l'état libre. Il a constaté qu'aussitôt mise en liberté celle-ci dégageait du gaz ammoniac et donnait naissance à de l'hydrobenzamide

$$3\,C^6H^5CH = NH = NH^3 + \begin{matrix} C^6H^5CH = N \\ C^6H^5CH = N \end{matrix}\!\!>\!CH\,C^6H^5.$$

D'autre part, pour les cétimines possédant, au voisinage immédiat de la fonction imine, 1$^{at}$ de carbone porteur d'hydrogène, nous avons retrouvé, M. Moureu et moi [3], la même aptitude à la condensation, mais ici

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 936.

(2) Busch, *Ber.*, t. 29, p. 2137.

(3) Ch. Moureu et G. Mignonac, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1395.

quelque peu atténuée. A température peu élevée la réaction est, en effet, limitée à $2^{mol}$:

$$2R-\underset{\underset{NH}{\|}}{C}-CH^2-R' = NH^3 + R'CH^2-\underset{\underset{R}{|}}{C}=N-\underset{\underset{R}{|}}{C}=CHR'.$$

La benzalbenzylamine formée dans l'hydrogénation du benzonitrile doit donc résulter de la réduction de l'hydrobenzamide issue de la condensation de l'imine. Si l'on soumet, en effet, dans les mêmes conditions que le nitrile, l'hydrobenzamide à l'action de l'hydrogène, on retrouve sensiblement les mêmes proportions de benzylamine et de benzalbenzylamine.

Avec le nitrile orthotoluique ($CH^3C^6H^4CN$) on obtient, à côté de la méthylbenzylamine, la 1.1-diméthylbenzalbenzylamine, Eb. 170°-171° sous $5^{mm}$; le nitrile paratoluique conduit à la paraméthylbenzylamine et à la 4.4-diméthylbenzalbenzylamine. Cristaux incolores, fondant à 83°-84°. Éb. 160° sous $3^{mm},5$.

Si l'on rapproche ces résultats de ceux qui ont été obtenus par M. Sabatier et Senderens (¹) dans l'hydrogénation des nitriles, on peut établir que la formation de l'amine secondaire en quantité prépondérante, attribuée par ces savants à une action dédoublante du métal, est due, en réalité, à une hydrogénation fractionnée du nitrile, avec formation intermédiaire d'imine. L'imine, sous l'influence de la température élevée qui règne dans le tube (env. 200°), se condense immédiatement avec élimination de gaz ammoniac; le produit de condensation par hydrogénation ultérieure conduit à l'amine secondaire et même à l'amine tertiaire.

Il paraît surprenant qu'en présence d'un catalyseur aussi actif que le nickel, dans les conditions indiquées par MM. Sabatier et Senderens, l'hydrogénation puisse avoir lieu par étape. Mais l'action de l'hydrogène sur les nitriles, en présence de nickel, à température élevée, est une réaction réversible, que l'on peut écrire

$$RC \equiv N + H^2 \rightleftharpoons RCH = NH + H^2 \rightleftharpoons RCH^2NH^2.$$

En effet, par déshydrogénation des amines sur le nickel, MM. Sabatier et Gaudion (²) d'une part, MM. Mailhe et de Godon (³) de l'autre, ont montré qu'on pouvait revenir aux nitriles. Dans quelques cas (benzhydrylamine,

---

(¹) SABATIER et SENDERENS, *Comptes rendus*, t. **140**, 1905, p. 482.

(²) P. SABATIER et G. GAUDION, *Comptes rendus*, t. **165**, 1917, p. 224.

(³) A. MAILHE et DE GODON, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. **21**, p. 278.

butylamine, benzylamine), j'ai pu mettre en évidence la formation d'imine par déshydrogénation d'une amine sur le nickel; j'aurai l'occasion de revenir sur cette transformation des amines en imines. Je l'indique simplement pour mieux préciser les constituants qui peuvent à un moment donné se trouver en équilibre.

GÉOLOGIE. — *Sur la constante proportionnelle reliant la fréquence sismique à la fréquence des chutes pluviales.* Note de M. G. **Zeil**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans nos Notes [1] précédentes nous avons montré que la lente évolution de l'écorce terrestre était périodiquement troublée par des réajustements lithosphériques entraînant d'une part la brusque élévation des hauts voussoirs et d'autre part le brusque affaissement des bas voussoirs terrestres.

La soudaineté de ces réajustements et le mécanisme de leurs ascensions antagonistes réunissent si complètement les modalités et les propriétés des tremblements de terre tectoniques que nous avons été conduit à considérer ceux-ci et nos réajustements comme un seul et même phénomène.

S'il en est ainsi, les tremblements de terre tectoniques devront se diviser en *tremblements de terre centrifuges*, dus au rééquilibre instantané de voussoirs lithosphériques préalablement déséquilibrés par la décharge érosive, puis en *tremblements de terre centripètes*, dus au rééquilibre également instantané de voussoirs lithosphériques préalablement déséquilibrés par la surcharge alluvionnaire ou éruptive. Quand, par suite de leur situation géographique réciproque, un voussoir centripète et un voussoir centrifuge voisins s'équilibreront synchroniquement, on se trouvera alors en présence d'un *tremblement de terre antagoniste*, qui ne sera en somme que la combinaison de deux sismes d'ascensions inverses.

Dans un Mémoire récent [2] nous avons montré que les diverses modalités des tremblements de terre actuels répondaient bien à notre classification, et nous allons maintenant, en discutant la relation qui unit la sismicité aux chutes pluviales, confirmer le rôle que jouent l'érosion et l'alluvionnement dans la genèse des tremblements de terre.

Si l'on compare le planisphère des régions sismiques dressé par Montessus

(1) G. Zeil, *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 1406, et t. **170**, 1920, p. 597.

(2) G. Zeil, *Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre et les tremblements de terre tectoniques* (*Bull. Soc. géol. de France*).

de Ballore ([1]) au planisphère indiquant la répartition annuelle des chutes pluviales, on sera frappé des analogies qu'ils présentent. On verra que les deux fréquences, celle des chutes pluviales et celle des sismes évoluent parallèlement et suivant un rapport constant. Entre mille autres exemples, on constatera que dans l'Assam, où il pleut le plus (11$^m$,79 par an à Cherrapounji), c'est également là que la terre tremble le plus fréquemment et le plus violemment. On verra également que sur les côtes dalmates et sur la côte Est de Madagascar, où les pluies atteignent une forte moyenne, se trouvent localisées les aires sismiques les plus importantes des deux régions considérées. En revanche, dans le bassin de l'Amazone, nous constaterons une anomalie à la règle de proportionnalité que nous venons d'établir ; en effet, dans cette région, la fréquence des chutes pluviales est forte alors que celle des sismes y est faible. Il s'agit là d'une pseudo-anomalie qui doit être attribuée au régime tabulaire et à la couverture forestière qui s'opposent à une rapide dénudation et par suite à une rapide décharge superficielle. Cette exception à notre règle de proportionnalité en confirme donc le bien-fondé.

Masó et Smith ([2]) montrent qu'aux Philippines, c'est la vallée de l'Agussan (côte Est de Mindano) qui est la région la plus sismique de l'Archipel. C'est aussi là qu'il pleut le plus ; la moyenne annuelle des pluies y dépasse 2$^m$,50, alors que dans le reste de l'Archipel cette moyenne oscille entre 1$^m$ et 2$^m$.

Kolderup ([3]), retraçant l'histoire des tremblements de terre norvégiens, déclare que « la Norvège occidentale est la plus souvent et la plus fortement ébranlée ; viennent ensuite le Nordland et les abords du fjord de Kristiania ; la région montagneuse centrale et les préfectures de Tromsö et du Finmark présentent le plus de stabilité ». En Norvège, la moyenne des pluies atteint 1$^m$,50 dans la Norvège occidentale, 0$^m$,75 à Christiania et 0$^m$,35 à Tromsö et dans le Finmark.

Davison ([4]), résumant ses observations sismiques faites en Grande-Bretagne de 1888 à 1909, écrit « que sur 20 tremblements de terre, 2 se pro-

---

([1]) F. Montessus de Ballore, *Les tremblements de terre*, cartes I et II.

([2]) Miguel Saderra Maso and Warend D. Smith, *The Relation of Seismic Disturbances in the Philippines to the Geologic Structure.* (Cité par *Ann. de Géog.* Bibliog., 1913-1914, n° 1156.)

([3]) Carl Fred Kolderup, *Norges jordskjælv med serlig hensyn til deres utbredelse.* (Cité par *Ann. de Géog.* Bibliog., 1913-1914, n° 801.)

([4]) Charles Davison, *The Caracteristics of British Earthquakes.* (Cité par *Ann. de Géog.* Bibliog., 1910, p. 141.)

duisent en Angleterre, 7 au Pays de Galles, 11 en Ecosse ». La moyenne annuelle des pluies atteint $0^m,50$ en Angleterre, $1^m,50$ au Pays de Galles et $2^m,50$ en Ecosse. Le quotient commun (0,04) de ces divers rapports numériques ($\frac{1}{50}$, $\frac{7}{150}$, $\frac{11}{250}$) permet de conclure à la réalité de la constante proportionnelle que nous signalons à l'Académie et confirme en même temps le caractère ascensionnel des réajustements lithosphériques ainsi que celui des tremblements de terre tectoniques.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique du Djebel Tselfat* (Maroc occidental). Note de M. **René Abrard**, présentée par M. Émile Haug.

Le Djebel Tselfat constitue, à l'est de Fort-Petitjean, un massif montagneux, culminant à $806^m$, à peu près perpendiculaire, dans sa direction générale, à celui du Zerhoun, plus méridional.

J'ai pu, au cours d'un récent voyage au Maroc, étudier en détail la partie de ce massif située au nord de Sidi-Bou-Tinine et recueillir d'importants documents paléontologiques qui me permettent de donner des indications précises sur la constitution de cette région.

Le Tselfat est un anticlinal déversé vers l'ENE, qui s'élève au travers de marnes : marnes bariolées gypso-salines triasiques, à l'Est et au Nord, marnes grises néogènes, à l'Ouest, dont il est difficile de préciser l'âge, car elles ne fournissent que quelques empreintes indéterminables de Mollusques. Il est néanmoins vraisemblable, étant donné leur position, de les considérer comme helvétiennes.

Le noyau de cet anticlinal est constitué par des assises du Jurassique inférieur, surtout marneuses, surmontées par des grès burdigaliens à *Pecten Josslingi* Smith, *Pecten* cf. *Tournali* M. de Serres, *Flabellipecten* sp.

Cette couverture burdigalienne est assez continue sur les flancs ouest et nord ; au contraire, sur le flanc est, les couches jurassiques sont largement entamées. Enfin, au-dessus du Burdigalien et formant bordure, s'observent les couches de Beni-Amar, ensemble de calcaires marneux blancs ou bleuâtres et de marnes blanches, que l'on voit, à la source sulfureuse Aïn Kebrit, reposer en concordance sur les grès burdigaliens ; il est probable qu'elles constituent la base de l'Helvétien ; elles s'observent surtout sur le versant nord et forment partout ailleurs une bande plus ou moins étroite.

A cette vue d'ensemble, j'ajouterai une étude plus approfondie du Jurassique, sur lequel ont surtout porté mes recherches.

Ce Jurassique du Tselfat montre une succession très intéressante, allant du Toarcien moyen au Bajocien.

Le Toarcien moyen est constitué par des calcaires marneux et des marnes bleues à Ammonites ferrugineuses. J'y ai rencontré :

*Dactylioceras commune* Sow., *Lytoceras* sp., *Phylloceras* cf. *frondosum* Reyn., *Phylloceras* aff. *dubium* Fucini, *Harpoceras* sp., *Belemnites niger* Lister, *Belemnites breviformis* Voltz, *Harpax Parkinsoni* Bronn.

Les individus appartenant aux genres *Phylloceras* et *Lytoceras* comptent pour $\frac{1}{5}$ dans le nombre total des Ammonites recueillies.

Le sommet de l'étage est un ensemble de marnes et de calcaires marneux renfermant :

*Haugia variabilis* d'Orb., *Cœloceras acanthopsis* d'Orb., *Neritopsis* aff. *philea* d'Orb., *Turbo subduplicatus* d'Orb., *Astarte* sp., *Terebratula* aff. *Edwardsi* Dav., *Pentacrinus jurensis* Quenst., *Thecocyathus mactra* Goldf.

Cette faune témoigne d'une mer moins profonde que celle où s'est déposé le Toarcien moyen.

L'Aalenien repose sur les couches précédentes ; il est constitué par un grès souvent ferrugineux, renfermant une faune des plus intéressantes, que j'ai déjà signalée dans une précédente Note ; les espèces les plus importantes sont :

*Lytoceras rasile* Vac., *Phylloceras tatricum* Pusch, *Harpoceras Murchisonœ* Sow., *Hammatoceras* aff. *climacomphalum* Vac., *Haplopleuroceras subspinatum* Buckm., *Cœloceras longalvum* Vac.

J'ai insisté sur les rapports extrêmement étroits de cette faune avec celle du cap San Vigilio, sur le lac de Garde.

Les couches jurassiques les plus supérieures sont constituées, au Tselfat, par des marnes blanches et des calcaires marneux bien lités. En certains points, par exemple au col au-dessus d'Aïn Slafta, les marnes sont bleuâtres. Les fossiles autres que les tronçons de Bélemnites sont très rares dans cet ensemble ; j'y ai rencontré dans les couches blanches *Sphæroceras polymerum* Waag., et dans les marnes bleuâtres du col cité plus haut :

*Stepheoceras* aff. *subcoronatum* Opp., *Sonninia* sp. (deux individus de très petite taille), *Belemnites terminalis* Phillips.

Cette formation doit donc être rapportée au Bajocien. Elle repose en concordance sur l'Aalenien et supporte directement le Burdigalien. Sur le flanc ouest, lorsque la couverture burdigalienne fait défaut, c'est toujours cet étage qui apparaît.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Une maladie bactérienne du Lierre (Hedera Helix L.).* Note de M. G. **Arnaud**, présentée par M. L. Mangin.

Le 24 juin dernier nous avons eu l'occasion d'observer, aux environs de Paris, une maladie du Lierre commun causée par une bactérie, le *Bacterium Hederæ* n. sp. Les maladies des plantes causées par des bactéries, et bien caractérisées comme telles, sont assez peu nombreuses pour que chacune mérite d'être relevée.

La maladie en question présente de si grandes analogies avec celle que l'on appelle en France la « Graisse du Haricot » et qui est identique à l'affection causée, en Amérique, par le *Pseudomonas Phaseoli* Smith qu'il est à peine besoin d'en décrire les caractères.

Sur les feuilles, la bactérie s'étend par les méats en provoquant la formation de taches plus ou moins arrondies, d'environ $5^{mm}$ de diamètre, qui sont de couleur un peu plus sombre que le reste du limbe, quand elles sont vues par réflexion, et plus claire, quand elles sont vues par transparence ; elles présentent ainsi l'apparence de taches d'huile ou de graisse. Cet aspect est assez caractéristique pour qu'il ait valu son nom à la maladie du Haricot ; il est dû à une augmentation de l'homogénéité des tissus (au point de vue optique), homogénéité qui facilite la pénétration de la lumière dans la feuille ; en effet, la bactérie détruit les chloroleucites et, en même temps, remplit les méats d'une matière, d'apparence gommeuse, formée par ses propres éléments et par les débris des éléments cellulaires de l'hôte. Dans les tissus plus altérés, il se produit un brunissement irrégulier. Les tissus morts ont, à l'état sec, l'aspect d'une mince lame de corne brun clair, marbrée de brun plus foncé ; tout autour, les tissus moins altérés forment une zone ayant l'aspect des taches jeunes ; enfin, on trouve souvent une auréole extérieure vert clair non atteinte directement par le parasite, mais où la chlorophylle est altérée par contre-coup. A l'état humide les parties mortes sont molles, visqueuses. Sur les rameaux, il se forme des taches brunes de quelques centimètres de long ; sur les feuilles elles peuvent atteindre $2^{cm}$ de diamètre.

L'aspect des altérations, et surtout la transparence partielle des parties mortes, est caractéristique et permet de distinguer à l'œil nu les maladies bactériennes des feuilles, de ce type, des maladies dues à des champignons (*Phyllosticta*, etc.)

Les bactéries de la « Graisse » du Lierre et de celle du Haricot montrent peu de tendance à suivre le cours des vaisseaux du bois, tandis que chez des maladies analogues (maladie bactérienne du Mûrier, maladie d'Oléron de la Vigne), c'est la forme vasculaire qui domine.

Les variétés du Lierre ne paraissent pas également sensibles, la forme dite « Lierre des bois » était la plus atteinte dans le cas considéré, plusieurs milliers de jeunes plants ont été fortement altérés et, parfois, tués; le Lierre à grande feuille ou « Lierre d'Ecosse » était beaucoup moins atteint.

Le développement de la maladie semble favorisé par l'humidité venant du sol; les plants de Lierre relevés en pyramide autour d'un tuteur étaient peu attaqués.

PHYSIOLOGIE. — *Le lait et la fièvre aphteuse.*
Note de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. E. Roux.

Les variations de la composition chimique du lait au cours des maladies ont fait l'objet de nombreux travaux desquels il est difficile de tirer des conclusions générales parce que, ignoré jusque-là des auteurs, intervient un phénomène qui suffit, à lui seul, à donner la raison desdites variations : c'est la rétention lactée. Selon l'importance de celle-ci, l'analyse chimique du lait signale des troubles plus ou moins marqués et cela nous permet de comprendre les contradictions observées dans les résultats des différents auteurs, contradictions apparentes et non réelles, puisqu'elles ne sont que dans l'interprétation et qu'elles s'effacent lorsqu'on fait jouer la rétention lactée.

Tous ceux qui se sont occupés de l'analyse du lait, au cours de la fièvre aphteuse, ont fourni les chiffres les plus discordants, mais sans chercher à rattacher à leur véritable cause les oscillations des taux des composants du lait. J'ai émis l'opinion que, dans le cas où ceux-ci étaient déficients, la rétention lactée avait joué, à la suite d'une traite suspendue ou restreinte, en raison de lésions sur les trayons. J'en apporte aujourd'hui la démonstration expérimentale avec des conséquences qui débordent de beaucoup l'unique observation que je vais maintenant exposer.

J'avais, depuis peu de jours, une vache laitière dans mon Laboratoire, lorsqu'elle vint à prendre la fièvre aphteuse. L'évolution de la maladie fut tout à fait typique : température élevée pendant 48 heures, aphtes d'abord dans la bouche, puis sur les trayons. Le trayon A. G. ayant commencé par présenter des aphtes, j'ai décidé de ne pas le traire, voulant déterminer chez

lui de la rétention lactée, tout comme la pratique peut la réaliser, mais sans songer à ses conséquences. Les autres trayons n'ayant pas tardé à leur tour à se couvrir d'aphtes, j'ai néanmoins procédé à la traite sur les quartiers correspondants, estimant, *a priori*, que le lait ne marquerait aucune modification importante; pendant deux jours, j'ai même fait trois traites. Le tableau joint à ma Note donne des résultats sur lesquels j'appelle toute l'attention.

Voici les conclusions que je puis tirer des données analytiques qu'il rassemble :

1° La rétention effectuée sur le quartier A. G. pendant deux jours, m'a fourni des résultats qui sont en concordance parfaite avec ceux que j'ai antérieurement produits : diminution du lactose, augmentation des matières salines, constance de l'abaissement cryoscopique, forte diminution de l'indice de réfraction, augmentation notable de la conductibilité. Ces derniers documents analytiques ne peuvent prendre place dans cette Note.

2° Lorsqu'on a provoqué de la rétention sur un quartier, la sécrétion lactée ne revient que lentement au niveau qu'elle avait antérieurement. On aurait pu, *a priori*, croire le contraire et admettre que la voie d'excrétion étant ouverte à nouveau, la sécrétion redeviendrait rapidement ce qu'elle était auparavant.

| Jour. | Heure. | Quartiers. | Quantité. | M. G. | Ext. | Dég. Lactose. | Observations. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 mai... | 7h | Les quatre | 7000 cm³ | 44,9 | 93,6 | 52,2 | |
| | 17.30 | » | 6250 | 38,2 | 93,8 | 51,8 | |
| 11 » ... | 7.30 | » | 7000 | 39 | 93,6 | 52,6 | |
| | 18 | » | 5000 | 47,75 | 91,35 | 48,9 | (A) |
| 12 » ... | 7 | » | 4000 | 52,3 | 93,10 | 52,6 | 39°,5 (B) |
| | 18 | » | 4750 | 42 | 92 | 52,2 | 39,7 |
| 13 » ... | 7 | » | 4500 | 44 | 91 | 52,2 | 39,2 |
| | 18 | » | 5000 | 56,45 | 92,80 | 52,2 | 39,2 |
| 14 » ... | 7 | » | 4000 | 45,2 | 92,5 | 52,6 | 39,5 |
| | 18 | » | 4000 | 42,3 | 93,85 | 52,2 | 40,6 |
| 15 » ... | 5 | » | 4000 | 40,65 | 92,95 | 51,4 | 39,9 |
| | 11 | A.D. + P.D. + P.G. | 1750 | 56,75 | 90,45 | 53 | (C) |
| | 18 | A.D. + P.G. | 1300 | 32,6 | 91,25 | 53 | 38,8 |
| | | P.D. | 675 | 36,3 | 95,6 | 53 | (D) |
| 16 » ... | 6 | A.D. + P.G. | 2750 | 42,15 | 92,05 | 53 | 38,8 |
| | | P.D. | 1250 | 34,6 | 94,35 | 53 | |
| | 11 | A.D. + P.G. | 1200 | 47,75 | 93,40 | 51 | |
| | | P.D. | 620 | 42,25 | 95,95 | 51,8 | |
| | 18.30 | A.D. + P.G. | 1800 | 30,45 | 92,85 | 51,8 | 39,2 |
| | | P.D. | 970 | 19,35 | 94,95 | 50,7 | |

| Jour. | Heure. | Quartiers. | Quantité. | M.G. | Ext. | Dég. Lactose. | Observations. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 » ... | 6.30 | A.D. + P.G. | 2750 | 25,45 | 93,80 | 51,8 | 39,2 |
| | | P.D. | 1300 | 19,55 | 93,90 | 51 | |
| | | A.G. | 1600 | 32,2 | 91,05 | 37,6 | (E) |
| | 11 | A.G. | 125 | 111,85 | 88,35 | 33,3 | |
| | 18 | A.D. + P.D. + P.G. | 4900 | 37,1 | 94,3 | 51 | 38,9 |
| | | A.G. | 100 | 92,50 | 87,90 | 36,2 | |
| 18 » ... | 6.30 | A.D. + P.D. + P.G. | 4900 | 33,85 | 93,85 | 51,8 | 38,7 |
| | | A.G. | 300 | 86,40 | 87,60 | 36,3 | |
| | 18 | A.D. + P.D. + P.G. | 4500 | 47,30 | 92,50 | 50,3 | 38,8 |
| | | A.G. | 400 | 74,55 | 88 | 38 | |
| 19 » ... | 6.30 | A.D. + P.D. + P.G. | 4000 | 27,05 | 92,95 | 50,7 | 38,7 |
| | | A.G. | 600 | 57,30 | 89,15 | 40,4 | |
| | 18 | A.D. + P.D. + P.G. | 3700 | 39,3 | 91,85 | 49,3 | |
| | | A.G. | 700 | 48,10 | 90,10 | 43,10 | |
| 20 » ... | 6.30 | Les quatre | 6000 | 32,35 | 90,65 | 49,6 | |
| | 18 | » | 5000 | 39,35 | 92,30 | 50,7 | |
| 21 » ... | 6.30 | » | 6500 | 31,50 | 91,45 | 50,3 | |
| | 18 | » | 5200 | 38,70 | 92,75 | 48,9 | |

*Observations.* — (A) Éclosion de la maladie; (B) Aphtes dans la bouche; (C) On ne trait pas le quartier A.G. (rétention); (D) Aphtes sur le trayon. On trait néanmoins; (E) On cesse la rétention qui a duré 48 heures.

3° Quand on procède, au contraire, à la traite, lors même que les trayons présentent des lésions aphteuses, d'abord on recueille un lait de composition normale, ensuite on entretient la sécrétion par l'excitation mécanique qui accompagne la mulsion et, en dépit de l'état fébrile, on arrive à récolter une quantité de lait peu inférieure, bien moins toutefois que si les traites avaient été diminuées, espacées ou suspendues en raison des lésions aphteuses des trayons, à ce qu'elle était avant l'éclosion de la maladie. Le 10 mai, veille de celle-ci, l'animal donnait $13^{l},25$ de lait; le 21, il en donnait $11^{l},75$. La conclusion majeure que je crois pouvoir tirer des deux paragraphes précédents, au point de vue de l'économie de la production du lait, c'est que, au cours de la fièvre aphteuse, qu'il y ait ou non des lésions sur les trayons, il importe de procéder aux traites comme à l'ordinaire, voire même de les multiplier au point d'en faire trois et même quatre par jour.

La gymnastique fonctionnelle ainsi intensifiée de la glande, au cours de la maladie, permettra à la sécrétion d'approcher de près le taux qu'elle avait auparavant, et ceci, second avantage non moins important, plus rapidement.

Sans nier, sans amoindrir le rôle encore mal défini de la maladie sur la sécrétion lactée au point de vue quantitatif, je ne suis pas loin de penser que le déchet observé dans la production laitière serait de beaucoup diminué si, et je crois bon de le répéter, on procédait à la traite comme à l'ordinaire, avec encore plus d'application.

BIOLOGIE. — *Sur la reproduction des Planaires et sur la signification de la fécondation chez ces animaux.* Note de M. A. **Vandel**, présentée par M. Y. Delage.

Mes cultures de Planaires m'ont amené à certaines conclusions d'ordre général qui seront développées tout au long dans un travail ultérieur, mais dont je signale ici les principaux points :

1. Les phénomènes de reproduction asexuée ne se manifestent, en Europe, que chez quatre espèces de Triclades paludicoles : *Planaria vitta* Dugès, *Pl. subtentaculata* Draparnaud, *Pl. alpina* Dana (et les formes polypharyngiennes qui s'y rattachent) et *Polycelis cornuta* Johnson. Les processus de fissiparité signalés chez d'autres espèces sont des phénomènes pathologiques, et les fragments qui résultent de cette scission meurent ou ne régénèrent pas.

2. Le phénomène de scission se produit de la même manière chez les quatre espèces ci-dessus signalées. La scission résulte de la fixation très ferme de la partie postérieure au substrat, tandis que la partie antérieure continue à avancer. Ce processus est extrêmement rapide; il dure à peine quelques secondes. Dans le cas de fission normale il y a régénération rapide des deux fragments. J'ai pu observer ce phénomène chez *Pl. alpina;* il s'agit là d'un processus normal et non pathologique, comme l'ont prétendu certains auteurs [Voigt (1894), Steinmann (1906; 1907)]. Mais la scission est cependant moins fréquente chez cette espèce que chez *Pol. cornuta.* Il s'agit dans tous les cas d'un simple arrachement mécanique analogue à celui qui, dans les Planaires bi- ou tricéphales, arrive tôt ou tard à séparer les différentes têtes les unes des autres. Toutes mes observations me permettent d'affirmer qu'il n'y a pas deux ou plusieurs zoïdes prédéterminés, comme le suppose Child (1906; 1910), par analogie avec ce qui a lieu chez les Rhabdocoeles.

3. Le plan de fission n'est pas déterminé de façon rigoureuse. Le point de

déchirure se produit au hasard, entre la partie antérieure et la partie postérieure. Chez *Pol. cornuta*, le plan de scission passe, dans la majorité des cas, par le milieu de la cavité pharyngienne; parfois il se trouve en arrière de la bouche, et d'autre fois, au contraire, en avant de la base du pharynx. La durée qui sépare une scission de la suivante n'est soumise à aucune règle fixe.

4. Le phénomène de scission est fonction de deux facteurs :

*a*. De la résistance des tissus : les individus sexués, comme je l'ai indiqué dans une précédente Note [1], ne se coupent jamais.

*b*. De l'état physiologique de l'animal : la scission reconnaît pour cause originelle un manque de corrélations entre les différentes parties de l'animal qui est lui-même en rapport avec une diminution du système de commande et un affaiblissement physiologique de l'individu.

5. J'ai observé dans un très grand nombre de cas le passage de la reproduction asexuée à la reproduction sexuée. Il n'y a pas, comme le soutient Voigt (1900), un arrêt de la reproduction asexuée, puis développement des organes génitaux, mais les deux processus s'intriquent l'un dans l'autre; il y a d'abord développement des gonades; l'animal continue à se couper tant que les organes copulateurs ne sont pas complètement développés; une fois les glandes génitales arrivées à maturité, il y a une régénération très rapide des organes copulateurs, comme je l'ai indiqué dans une étude précédente [2]; ceux-ci étant bien constitués, la reproduction asexuée cesse, comme il a été dit au paragraphe 4 *a*.

6. J'ai obtenu également un animal sexué à partir d'un individu dont l'origine m'était connue et qui provenait d'un fragment postérieur produit par scissiparité (cet individu s'était coupé une fois avant de devenir sexué). Ce fragment ne contenait pas au début d'éléments génitaux : *a*. parce que l'animal souche n'était lui-même pas sexué; *b*. parce que la partie postérieure des Triclades ne contient pas, ou très peu, de cellules germinales; *c*. enfin, parce que les phénomènes de réduction et de réorganisation qui accompagnent la régénération du fragment auraient sûrement détruit les cellules germinales, s'il y en avait eu. Il semble donc qu'il y ait eu, dans ce cas, régénération des cellules germinales à partir de tissus somatiques.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1128.
[2] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 249.

7. Inversement, les animaux sexués peuvent devenir asexués. On sait que, chez les Planaires, l'affamement fait disparaître les organes génitaux. J'ai pu, d'autre part, obtenir chez des *Pol. cornuta*, *bien nourris*, mais soumis à une température de 21°, une dégénérescence rapide de ces mêmes organes. Ces animaux, privés d'organes copulateurs et affaiblis physiologiquement, sont capables de se couper.

8. Le même individu peut donc passer successivement par les deux états, sexué et asexué; il n'y a pas deux races distinctes présentant chacune un mode particulier de reproduction. Cependant, il existe à l'origine une différence bien marquée entre les deux sortes d'individus, nés soit par voie sexuée, soit par voie asexuée : *les jeunes Vers issus de cocons ne se coupent jamais,* mais acquièrent très rapidement des organes génitaux, et cela, même à une température peu favorable (16°-17°). On aperçoit déjà des rudiments d'organes copulateurs chez des Vers mesurant $7^{mm}$-$8^{mm}$ de long et sortis du cocon depuis 30 à 60 jours seulement. Ces faits ont été constatés à la fois chez *Pol. cornuta* et *Pl. alpina*. Ils ne nous permettent plus d'admettre, comme l'avaient fait von Graff (1899) et Curtis (1902), que la reproduction asexuée a pris naissance chez de jeunes individus n'ayant pas encore acquis d'organes génitaux; la seule origine possible de la reproduction asexuée doit être recherchée chez des animaux âgés, soumis à de mauvaises conditions. Au contraire, les *jeunes individus produits par voie asexuée se coupent toujours* et cela de façon très précoce (chez *Pol. cornuta* les individus qui se recoupent n'ont parfois que $3^{mm},25$ et ceci déjà 24 jours après la séparation de la souche).

9. Ce contraste entre les deux catégories d'individus permet de nous rendre compte de la signification de la fécondation chez les Planaires : *a.* la fécondation agit d'abord pour régulariser la taille et la forme de l'animal; chez les individus produits par voie asexuée, celles-ci se modifient de la façon la plus variable suivant les caprices de la scission; on obtient ainsi des individus nains et de formes très diverses; les individus nés par voie sexuée, ne se coupant pas, évoluent beaucoup plus régulièrement et atteignent assez rapidement la taille normale; *b.* si l'on se rappelle, comme je l'ai dit au paragraphe 4 *b*, que la scission est en rapport avec un manque de corrélations produit par un affaiblissement physiologique, on est conduit à admettre que les jeunes produits par voie sexuée possèdent un état physiologique très élevé, tandis que les jeunes issus de la reproduction asexuée ont conservé l'état physiologique amoindri de la souche, état amoindri qui

n'a pu être compensé par les phénomènes de réorganisation qui accompagnent la régénération. Il se produit donc dans la fécondation et dans les phénomènes ultérieurs qui se déroulent à sa suite, un rajeunissement considérable de l'organisme. Ce rajeunissement qui peut être ici constaté d'emblée, sans qu'il soit besoin de procéder à de longues cultures prêtant toujours le flanc à de sérieuses critiques, est loin d'épuiser toute la signification de la fécondation. La fécondation a certainement un rôle complexe et multiple, mais les résultats résumés ci-dessus montrent que sa fonction rajeunissante, niée par bien des auteurs, existe réellement chez certains Métazoaires.

BIOLOGIE. — *Analogies et différences d'actions biologiques des diverses radiations du spectre solaire.* Note de M. **Miramond de Laroquette**, présentée par M. Laveran.

On connaît de nombreuses différences d'action entre les diverses parties du spectre : les rayons infrarouges et les rayons ultraviolets sont obscurs; les rayons intermédiaires sont lumineux et de diverses couleurs. Les rayons jaunes, orangés, rouges et infrarouges sont peu ou pas actiniques mais très calorifiques. Les rayons bleus, indigos, violets et ultraviolets sont peu calorifiques, mais agissent fortement sur les sels d'argent. Avec les rayons ultraviolets, a pu être réalisée la synthèse de l'aldéhyde formique (D. Berthelot).

Si exactes que soient ces données, permettent-elles d'attendre des diverses radiations des effets biologiques et thérapeutiques très distincts ou même opposés? Question théoriquement et pratiquement importante, à laquelle on tend actuellement à répondre par l'affirmative.

Des observations personnelles [1] et des expériences poursuivies depuis plus de 10 ans, sur les plantes, les bactéries, les animaux, et sur l'homme, nous ont montré que les diverses radiations du spectre ont dans leurs

(1) Miramond de Laroquette, *Érythème solaire et pigmentation* (*Congrès international de Radiologie*. Prague, 1912); *Actions des bains de lumière* (*A. F. A. S.*, 1912); *Lumières de couleur* (*Paris-Médical*, juillet 1912); *Action biotique de la lumière. Cure solaire des blessés* (*Bull. Ac. de Méd.*, novembre 1915); *Action bactéricide de la lumière solaire* (*Annales de l'Institut Pasteur*, avril 1918); *La vie des plantes en lumières de couleur* (*La Nature*, 22 février 1919).

actions sur les tissus vivants moins peut-être de différences que d'analogies. Pour des intensités égales d'énergie rayonnante absorbée par un même tissu, les effets sont sensiblement identiques, quelle que soit la nature des radiations en jeu. Celles-ci paraissent surtout se différencier par leur degré variable de pénétration, et conséquemment par leur niveau d'absorption et d'action dans les tissus.

Sur les organismes morts, l'action des radiations se traduit surtout par des effets de déshydratation et d'échauffement. Sur les tissus vivants, les mêmes effets physiques s'observent, mais modifiés plus ou moins par des réactions fonctionnelles locales et générales :

Sous une intensité modérée, les rayons ont des *effets d'excitation* vraisemblablement d'ordre énergétique. Le protoplasme (végétal et animal) paraît recevoir du rayonnement absorbé une charge dynamique utile aux diverses fonctions vitales (circulation, sécrétions, propriétés cellulaires).

Sous une intensité plus forte, les rayons ont sur l'animal des effets d'*inflammation* qui rappellent les processus normaux de défense de l'organisme : hypérémie, hyperthermie, œdème, phagocytose.

Sous une intensité exagérée, les tissus sont frappés de mort; le protoplasme est coagulé. Ce sont des *effets destructeurs* ou d'explosion de la matière vivante.

Ces trois degrés d'action s'observent, mais dans des conditions différentes avec les rayons infrarouges, les rayons lumineux et les rayons ultraviolets.

Ils sont proportionnels à l'intensité du rayonnement absorbé, mais non du rayonnement incident.

Les rayons *ultraviolets* ne pénètrent pas dans les tissus organiques au delà de quelques dixièmes de millimètre; leurs actions sont donc superficielles; leurs effets abiotiques, bactéricides et chimiques paraissent liés à leur immédiate et complète absorption. Une quantité relativement faible de rayons ultraviolets peut ainsi provoquer des réactions locales intenses; et sur les tissus vivants comme sur les sels d'argent, des effets d'explosion.

Les rayons *infrarouges* ont une pénétration directe limitée et mal déterminée. Ils paraissent se disperser, se diffuser dans les tissus, sans doute en raison de la teneur en eau du protoplasme; il en résulte que pour une même quantité d'énergie incidente, les effets sont bien moins intenses et moins localisés. Pour produire des effets destructeurs, bactéricides ou autres, une intensité plus grande de rayonnement incident est nécessaire.

Les rayons *lumineux* sont relativement pénétrants; surtout les rayons jaunes orangés et rouges dont une certaine quantité se décèle sur l'homme

au delà de $4^{cm}$ à $5^{cm}$ de profondeur : Les rayons verts, bleus, indigos et violets ne vont pas au delà de quelques millimètres; ils sont absorbés par le derme et sang des capillaires superficiels.

La perception lumineuse paraît liée à la pénétration des radiations : Les rayons obscurs, infrarouges et ultraviolets, n'arrivent pas à la rétine de l'homme; ils sont retenus par le cristallin et le corps vitré qui, par contre, sont transparents pour tous les rayons lumineux.

L'observation *des plantes* dans des serres de couleur montre que la végétation est plus intense dans le jaune que dans toutes les autres lumières partielles. Le bleu et le rouge sont à peu près à égalité; le vert est très proche du noir même pour les plantes à xantophylle.

Des signes d'étiolement s'observent dans toutes les lumières de couleur, et la lumière blanche totale est de beaucoup supérieure. Les diverses radiations ont donc, les unes vis-à-vis des autres, et au moins pour les plantes, des effets complémentaires utiles.

Sur *les bactéries*, les moisissures, les champignons, tous les rayons du spectre peuvent avoir, sous de faibles intensités et pour de courtes irradiations, des effets excitants ou biotiques; tous avec des doses plus fortes atteignent rapidement l'action destructive qui, en l'espèce, nécessite d'autant moins d'intensité que le rayonnement est plus absorbé.

Les rayons chimiques et surtout l'ultraviolet ont donc pratiquement des effets bactéricides bien plus marqués; mais ces effets sont superficiels; il n'y a pas d'action bactéricide des rayons solaires dans la profondeur des tissus vivants.

Sur *la peau humaine*, les rayons calorifiques et les rayons chimiques ont des effets en apparence très différents, bien que très comparables en soi. Les rayons chimiques agissent sur l'épiderme (pigmentation) et produisent rapidement des effets destructeurs (desquamation, érythème, phlyctène). Les rayons calorifiques agissent surtout sur le derme et les tissus sous-jacents; ils y produisent, suivant l'intensité, des effets d'excitation et d'inflammation particulièrement utiles en thérapeutique; ils provoquent l'hypérémie et les sécrétions sudoripares et sébacées qui rendent l'épiderme plus résistant aux actions des rayons chimiques. La peau est en effet plus fragile quand elle est sèche ou anémiée par le froid (coup de soleil des glaciers). Il ne s'agit pas là d'ailleurs de neutralisation des rayons chimiques par les rayons calorifiques; mais seulement de réactions particulières de tissus différents et superposés : Une onction de la peau avec un corps gras a pour l'épiderme un effet protecteur analogue.

Les données ci-dessus et l'observation clinique montrent que les actions biologiques et thérapeutiques des rayons ultraviolets sont relativement restreintes. Pour l'animal et pour l'homme comme pour les plantes ils ne constituent pas une forme supérieure d'énergie. Les rayons lumineux chimiques et surtout calorifiques sont bien plus importants parce qu'ils sont pénétrants et portent assez profondément dans les tissus leurs actions énergétiques, utiles ou nuisibles suivant l'intensité.

Ces réserves faites, on doit retenir que les diverses radiations du spectre ont toutes une part dans les actions biologiques de la lumière solaire et que le plus souvent leurs effets s'additionnent et se complètent.

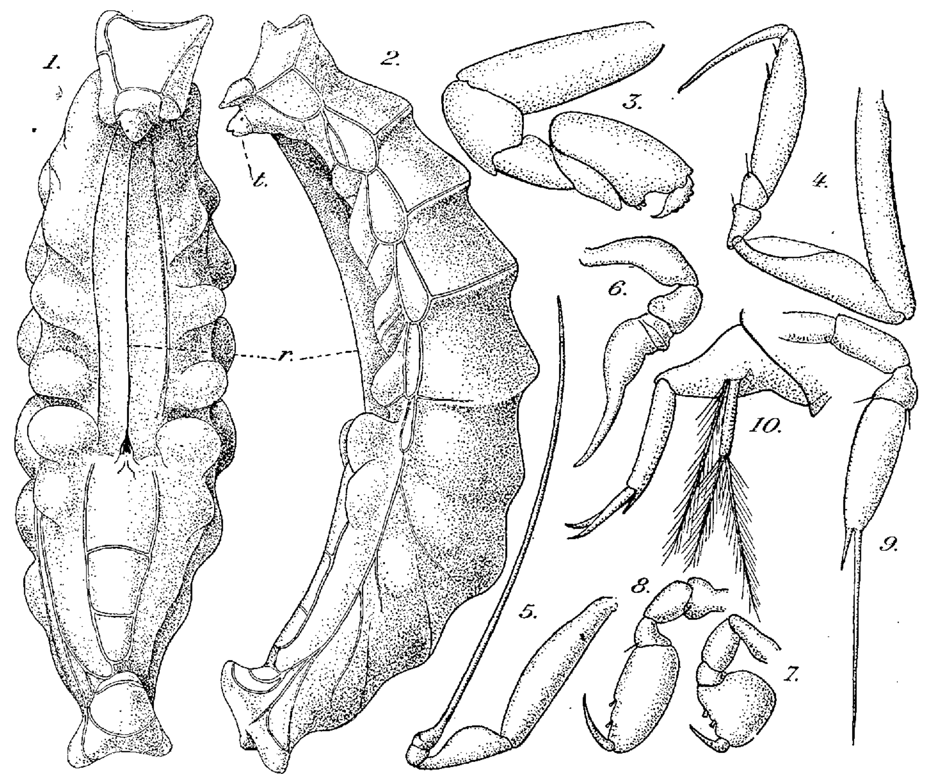
ZOOLOGIE. — *Sur un Cryptoniscien nouveau*, Enthylacus trivinctus *n. g., n. sp., parasite intrapalléal d'une Sacculine; un cas de parasitisme au troisième degré*. Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai fait connaître, dans une Note récente, un Bopyrien parasite sous-abdominal de l'*Ostracotheres spondyli* Nob., Crabe commensal lui-même du *Spondylus gaederopus* L. Ce Pinnothérien héberge aussi, soit côte à côte avec son Bopyrien, soit à l'état de parasite solitaire, une Sacculine, que l'on peut, au moins d'une façon provisoire, considérer comme suffisamment définie par son hôte, et que je me contenterai de signaler ici sous le nom de *Sacculina ostracotheris* n. sp.

La Sacculine, à son tour, héberge un Cryptoniscien de la famille des Liriopsidés, qui constitue ainsi un parasite au troisième degré. Ce parasite, entièrement enfermé dans la cavité palléale de son hôte, y vit à l'état grégaire; on rencontre côte à côte plusieurs femelles adultes, un grand nombre de mâles cryptonisciens, et éventuellement des stades de transition, correspondant à la phase évolutive où le mâle se transforme en jeune femelle. C'est un nouvel exemple de cet hermaphrodisme protandrique que des travaux antérieurs ont montré être la règle chez les Cryptonisciens (Caullery et Mesnil, *Hemioniscus;* Caullery, Liriopsidés; Ch. Pérez, *Crinoniscus*).

La femelle adulte ($7^{mm}$-$8^{mm}$) se présente sous la forme d'un sac chitineux, d'une allure générale fusiforme, incurvé en croissant dont la concavité correspond à la face ventrale de l'animal (*fig.* 1 et 2). Une segmentation, marquée par des constrictions transversales, par la distribution régulière de diverses tubérosités, par le trajet de nervures renforçant la chitine, paraît correspondre à la métamérie primitive de l'Isopode, surtout dans la

moitié antérieure, qui répond sans doute au thorax; une sorte de rostre proémine dans la concavité, et deux taches pigmentaires, vestiges persistants des yeux, permettent d'y reconnaître la tête (*t*). Les deux extrémités du croissant portent des expansions mousses, comme des cornes obtuses, variables d'un individu à l'autre et plus ou moins dissymétriques, à droite




*Enthylacus trivinctus* : 1, femelle, face ventrale; 2, femelle, profil $\times 12,5$; 3 — 6, premier, 3^e^, 6^e^, 7^e^ péréiopodes du mâle cryptoniscien; 7 — 10, premier, 5^e^, 6^e^ péréiopode et uropodes de la larve épicaridienne.

et à gauche, dans le même individu. A part quelques vestiges d'organes, presque tout le volume interne de la femelle est occupé par une vaste cavité incubatrice; dans la moitié antérieure du corps, la ligne médioventrale est occupée par une sorte de raphé (*r*) où viennent s'affronter les bords de la cavité incubatrice, et qui représente la ligne de déhiscence destinée à s'ouvrir pour laisser sortir les embryons à terme. La cavité incubatrice est parcourue par un courant respiratoire dont l'orifice inhalant est situé en dessous du rostre céphalique, l'orifice exhalant, munis d'une grille de quatre digitations, occupant l'extrémité postérieure du raphé.

Le mâle ($1^{mm},25$) a la forme cryptoniscienne typique; muni de deux yeux volumineux, il présente la disposition habituelle des deux testicules et de l'ampoule pigmentée de l'intestin terminal. Les deux premiers péréiopodes sont courts et trapus (*fig.* 3); les suivants, plus déliés (*fig.* 4), présentent surtout un allongement plus accentué du propodite et du dactylopodite; le sixième (*fig.* 5) se termine par une longue et forte soie ensiforme; le septième, beaucoup plus court, a la forme d'un stylet incurvé (*fig.* 6). Les pléopodes, biramés, portent à chaque rame cinq soies plumeuses inégales. Par l'ensemble de ses caractères, ce mâle rappelle beaucoup celui des *Danalia*.

La larve épicaridienne (350 $\mu$), aveugle, présente les caractères ordinaires de ce stade dans la famille des Liriopsidés. Les cinq premiers péréiopodes se terminent par une main préhensible, dont le propodite s'allonge progressivement au fur et à mesure qu'on passe d'un segment au suivant (*fig.* 7, 8) ; le sixième (*fig.* 9) annonce déjà la forme caractéristique de cet appendice dans le stade cryptoniscien. Les pléopodes sont biramés; les uropodes (*fig.* 10), géniculés, ont leur endopodite terminé par deux fortes griffes aiguës. Il y a un tube anal bien développé, comme dans le stade homologue des *Liriopsis*.

Le parasite que je viens de décrire est bien probablement analogue, sinon même génériquement, identique à celui que Kossmann a autrefois signalé dans la cavité palléale de la *Sacculina pisiformis* Koss., parasite du *Chorinus aries* Latr. des Philippines, et auquel il a donné le nom d'*Eumetor liriopides*. Kossmann n'ayant d'ailleurs reconnu la présence du parasite qu'après avoir débité l'hôte en coupes, il n'a pu reconstituer sa forme ni en donner aucune figure ni description précises. Le nom générique d'*Eumetor* doit donc être provisoirement réservé comme *nomen nudum*, jusqu'à ce que l'on observe à nouveau ce type, que la connaissance de son hôte permettra de retrouver. Je me crois autorisé à proposer, en attendant, un nom générique nouveau pour le parasite qui fait l'objet de cette Note, et que j'appellerai *Enthylacus trivinctus*.

EMBRYOGÉNIE. — *Histogenèse et époque d'apparition des différents tissus pulmonaires chez le Mouton* (1). Note (2) de MM. **J. Dragoiu** et **Fauré-Fremiet**, présentée par M. Henneguy.

I. *Tissu musculaire*. — Le tissu musculaire apparaît de très bonne heure aux dépens de cellules conjonctives, embryonnaires, qui se trouvent appliquées à la surface du tube épithélial, comme Stieda (1878) l'a observé sur un fœtus de Mouton de $23^{cm}$.

Chez le fœtus de $2^{cm}$ de long, ces cellules sont en division très active. Elles donnent naissance à de grands éléments polygonaux et plus colorables, montrant un noyau rond : les myoblastes. Ceux-ci sont disposés en une seule couche et forment autour des canaux épithéliaux des anneaux complets, moins rapprochés les uns des autres à mesure que l'on s'éloigne du hile du poumon. De nouvelles cellules vont s'ajouter à la face externe des anneaux, à mesure que le poumon s'accroît, tandis que les premières cellules s'allongent, deviennent fusiformes et s'accolent pour former des fascicules de fibres musculaires lisses.

Pendant le développement du chorion bronchique, les anneaux musculaires s'éloignent du tube épithélial et s'interrompent pour laisser libre passage aux glandes bronchiques qui commencent à apparaître. La différenciation est complète au milieu de la vie fœtale; les fibrilles sont alors colorables par la fuchsine : en section transversale, elles apparaissent sous forme de points dans le cytoplasme cortical autour du noyau; en section longitudinale, elles parcourent toute la fibre.

Dans les régions inférieures et superficielles du poumon, les myoblastes sont plus rares; leur différenciation s'accomplit après le développement complet des canaux alvéolaires et des alvéoles.

II. *Tissu cartilagineux*. — Ce tissu apparaît après la formation des myoblastes et avant la stratification de l'épithélium bronchique. Chez un fœtus de $3^{cm},6$ de long, les sections transversales et longitudinales de la bronche principale montrent tous les stades de son développement. Les cellules conjonctives du chorion bronchique forment en différents points, au sein de ce tissu, des amas globuleux; elles se disposent concentriquement et

(1) Travail fait à l'aide d'une subvention sur le fonds Bonaparte.
(2) Séance du 28 juin 1920.

l'adjonction à leur périphérie d'autres cellules conjonctives à mesure du développement du poumon entraîne la constitution des nodules et des segments disposés autour des anneaux musculaires et à une distance variable de ceux-ci.

Les cellules centrales (de $16^{\mu}$ à $18^{\mu}$ de diamètre) de ces amas se divisent, s'écartent les unes des autres, deviennent globuleuses ou polyédriques et laissent entre elles des espaces occupés par une substance hyaline. Le protoplasme se vacuolise à mesure que cette substance s'accroît en quantité, et il se réduit, quand se forme la capsule, à une couche très mince autour du noyau ou à un réseau cytoplasmique très vacuolisé, à bord festonné, renfermant toujours des inclusions graisseuses.

Le développement des segments et des noyaux cartilagineux, sur la totalité de l'arbre bronchique, s'achève à la fin de la vie fœtale.

III. *Élément élastique.* — Les premiers éléments élastiques apparaissent dans les artérioles, entre l'endothélium vasculaire et les myoblastes péri-théliaux, sous la forme de granulations disposées en files et qui vont se fusionner en fibrilles pour former les limitantes avant même que l'élément musculaire ne soit différencié.

Autour des tubes épithéliaux ils apparaissent, en même temps que la différenciation du chorion, et forment un riche réseau dont les mailles sont disposées longitudinalement.

Autour de quelques nodules et segments cartilagineux, on trouve des élastoblastes (fœtus de $12^{cm}$ de long) disposés concentriquement à leur périphérie et envoyant des fibres qui pénètrent jusqu'à une certaine distance dans la substance hyaline (1).

Autour des alvéoles pulmonaires, les fibres élastiques apparaissent vers la fin de la vie fœtale (fœtus de $45^{cm}$ de long), contrairement à l'affirmation de Linser (1900). Ces fibres forment des cravates fibrillaires à la base des évaginations, des bosselures, et sur les canaux alvéolaires, comme nous avons pu les voir par la coloration de Weigert et par l'orcéine à cette époque du développement.

IV. *Glandes bronchiques.* — Ces glandes apparaissent dans les bronches, dont l'épithélium présente des cils, sous forme de bourgeons pleins qui se

(1) Nous n'avons pas observé, chez le fœtus de Mouton, la présence d'élastoblast au sein de la substance hyaline, non plus que l'origine chondroblastique de ceux-ci constatée, par de Kervilly (1910), chez le fœtus humain.

forment aux dépens des cellules basales de l'épithélium bronchique. Celles-ci se multiplient, s'orientent concentriquement et forment des petits nodules sous-épithéliaux qui refoulent la membrane basale. Ces bourgeons s'allongent, pénètrent dans le chorion, traversent les espaces des anneaux musculaires, forment des tubes ramifiés et contournés situés à la face interne des segments cartilagineux et même entre ces segments. Les bourgeons primitifs se creusent d'une lumière autour de laquelle les cellules sont disposées sur un rang. Mais à l'origine du tube glandulaire, les cellules épithéliales cylindriques et ciliées pénètrent pour former, sur une petite longueur, l'épithélium interne du col. Sur le reste du tube il se forme une deuxième couche externe des cellules myoépithéliales aux dépens de cellules primitives invaginées.

Ces glandes sont d'abord du type séreux; chez le fœtus de $40^{cm}$ quelques-unes de leurs cellules prennent le type muqueux; elles sont volumineuses et leur différenciation coïncide avec celle des mêmes cellules dans l'épithélium cilié des bronches.

V. *Tissu conjonctif.* — Chez le jeune fœtus de $15^{cm}$ à $30^{cm}$ de long, ce tissu présente une disposition particulière autour des vaisseaux (artère pulmonaire et ses ramifications); les cellules conjonctives se disposent avec leurs prolongements transversalement autour de ces vaisseaux. Elles forment une adventice épaisse de $120^{\mu}$ à $150^{\mu}$, tandis que l'épaisseur même des parois propres des vaisseaux ne dépasse pas $25^{\mu}$. Dans le tissu conjonctif on trouve en nombre très restreint chez les petits fœtus, très abondants, au contraire, chez les grands fœtus, des *Mastzellen* ou cellules à engrais, les unes avec une substance protoplasmatique bien délimitée, d'autres avec un protoplasma désagrégé (Clasmatocytes).

VI. *Eléments étrangers.* — Dans les canaux aériens et dans les alvéoles pulmonaires primitives et définitives, sur des fœtus extraits après l'abatage de la mère, on trouve différents éléments étrangers.

L'asphyxie par arrêt de la circulation maternelle et placentaire excite le bulbe du fœtus et détermine des mouvements prématurés du thorax, du diaphragme, etc., comme Balthazard (1920) et différents auteurs l'ont montré pour le fœtus humain. Le liquide amniotique pénètre alors dans les voies aériennes et y entraîne les différents éléments qu'il contient en suspension.

La centrifugation du liquide amniotique de divers fœtus donne un dépôt abondant de cellules identiques à celles que nous trouvons dans les

cavités du poumon : cellules épithéliales de la poche amniotique, desquamées, gonflées et altérées par un séjour plus ou moins prolongé dans le liquide amniotique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La chloropicrine agit-elle sur les ferments solubles ?* Note de M. **Gabriel Bertrand** et de Mme **Rosenblatt**, présentée par M. E. Roux.

Les propriétés énergiques de la chloropicrine à l'égard des espèces vivantes, animales et végétales, peuvent-elles s'expliquer par une action directe sur les ferments solubles ou diastases ? Y a-t-il destruction, inhibition définitive ou temporaire de ces réactifs si fragiles, mais indispensables à l'accomplissement des processus biochimiques ? C'est ce que nous avons cherché.

Les expériences dont nous donnons ici un compte rendu succinct ont été entreprises en faisant agir une série assez variée de diastases comparativement dans l'eau et dans une solution saturée ou presque saturée de chloropicrine. Nous rappelons que la chloropicrine est soluble dans l'eau à raison de 1g,7 environ par litre à la température ordinaire. Nous avons pris la précaution de laver cette substance, d'abord à l'eau faiblement alcalinisée, jusqu'à neutralisation complète à l'hélianthine, puis à l'eau pure, avant de nous en servir.

*Expériences avec la sucrase.* — Ces expériences ont été réalisées avec la sucrase de la levure et avec la sucrase de l'*Aspergillus niger*. A l'emploi près de la chloropicrine, nous avons suivi exactement la technique décrite par nous il y a quelques années, en collaboration avec M. Rosenblatt [1]. Les dosages de sucre hydrolysé ont eu lieu après un séjour de 24 heures dans une étuve à la température de +28°. Nous avons trouvé pour 100cm³ :

| Origine de la sucrase. | Saccharose hydrolysé en l'absence de chloropicrine. | Saccharose hydrolysé en présence de chloropicrine. |
|---|---|---|
| Levure (extraite de 5mg de cellules) | 56 mg | 66 mg |
| » ( » 50 » ) | 679 | 618 |
| » ( » 50 » ) | 650 | 610 |
| Aspergillus (extraite de 20mg de mycélium) | 597 | 640 |
| » ( » 50 » ) | 1521 | 1530 |

(1) *Ann. Inst. Past.*, t. **26**, p. 321 et 932, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. **11**, 1912, p. 196 et 464.

*Expériences avec l'amygdalinase.* — Nous avons introduit $5^{mg}$ de préparation diastasique, retirée des amandes, dans $50^{cm^3}$ de solution d'amygdaline à 2 pour 100. Après 24 heures d'action à la température de + 33°, l'acide cyanhydrique libéré a été dosé par distillation et titrage à l'argent. Nous avons trouvé :

| | En l'absence de chloropicrine. | En présence de chloropicrine. |
|---|---|---|
| CNH | $19^{mg},9$ | $17^{mg},8$ |

*Expériences avec l'uréase.* — En faisant agir la diastase retirée de la graine de *Soja hispida* sur une solution d'urée $\frac{M}{5}$, suivant un mode opératoire décrit d'autre part [1], il s'est produit dans $10^{cm^3}$ de solution, après une demi-heure à + 35°, les quantités d'ammoniac suivantes :

| Expériences. | En l'absence de chloropicrine. | En présence de chloropicrine. |
|---|---|---|
| 1 | $17^{mg}$ | $5^{mg},1$ |
| 2 | $15^{mg},8$ | $4^{mg},6$ |

*Expériences avec la catalase.* — Nous avons opéré avec de la catalase de foie de veau et avec de la catalase de panne de porc [2]. Nous avons fait agir les deux préparations sur de l'eau oxygénée à 2 pour 100, obtenue en diluant du perhydrol, soit dans l'eau pure, soit dans une solution saturée de chloropicrine. La décomposition de l'eau oxygénée et le dégagement d'oxygène ont été suivis par titrage au permanganate. Voici les quantités d'oxygène dégagées par $10^{cm^3}$ de mélange, après 30 minutes d'action à la température du laboratoire :

| Expériences. | Origine de la catalase. | En l'absence de chloropicrine. | En présence de chloropicrine. |
|---|---|---|---|
| | | mg | mg |
| 1. | Foie de veau | 8,6 | 5,1 |
| 2. | » | 18,7 | 15,4 |
| 1. | Panne de porc | 16,7 | 10,7 |
| 2. | » | 28,3 | 22,8 |

*Expériences avec la zymaze.* — De la levure desséchée selon la méthode de Lebedeff a été mise à macérer comparativement dans l'eau pure et dans une solution aqueuse de chloropicrine au millième. Après 4 heures de séjour à l'étuve à + 35°, on a filtré, ajouté $2^{g},5$ de saccharose en poudre à $25^{cm^3}$ de chacun des liquides et laissé fermenter à + 17°,5. Les bulles de $CO^2$ ont

[1] G. Bertrand et Thomas, *Guide pour les manipulations de Chimie biologique*, Paris, 3e édition, 1919, p. 334.

[2] *Ibid.*, p. 351.

commencé à se dégager après environ 50 minutes, un peu moins activement toutefois en présence de chloropicrine. Après 24 heures, on a trouvé :

| | En l'absence de chloropicrine. | En présence de chloropicrine. |
|---|---|---|
| Saccharose disparu........... | $2^{g},04$ | $1^{g},85$ |

*Expériences avec la laccase.* — En ajoutant de la laccase de l'arbre à laque ou de la macération glycérinée de champignon (de Russule, de Psalliote) à du gayacol en solution à 1 pour 100, soit dans l'eau pure, soit dans l'eau saturée de chloropicrine, la coloration rouge et la précipitation de la tétragayacoquinone se sont produites à peu près avec la même vitesse en présence et en l'absence de chloropicrine. La combinaison chlorée s'est plutôt montrée un peu favorable.

La réaction avec la résine de gayac n'a pas été utilisée, car la chloropicrine seule donne déjà une coloration bleue.

*Expériences avec la tyrosinase.* — En introduisant des quantités égales de tyrosinase de *Russula Queletii* dans des solutions de tyrosine à 0,5 pour 1000, préparées avec de l'eau pure ou avec de l'eau saturée de chloropicrine, on a constaté que l'oxydation, caractérisée par une coloration rouge grenadine, devenant brun acajou puis noire, avec dépôt de mélanine, s'est accomplie avec la même vitesse en présence et en l'absence de chloropicrine.

Tous ces résultats démontrent que la chloropicrine ne possède qu'une faible action inhibitrice sur les ferments solubles. C'est donc sans doute dans un autre phénomène qu'il faut chercher l'explication de sa haute toxicité pour les cellules vivantes.

Si l'on remarque, d'autre part, que d'après nos expériences antérieures, il a suffi de moins de $50^{mg}$ de chloropicrine par litre pour arrêter tout développement microbien, même dans des liquides très nutritifs, on est conduit à regarder cette substance comme un des meilleurs réactifs dont nous disposions pour séparer les transformations diastasiques d'avec les transformations cellulaires.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

Ouvrages reçus dans les séances d'avril 1920.

*Utilisation des algues marines*, par Camille Sauvageau. Paris, Octave Doin, 1920; 1 vol. 18cm,5.

*Zoologie des Invertébrés (Achordata)*, par Émile Yung. Ouvrage terminé par E. Guyénot. Genève-Paris, Atar, s. d.; 1 vol. 26cm. (Présenté par M. Delage.)

*Manuel de Chimie analytique*. Tome I : *Analyse qualitative*, par F.-P. Treadwell, édition revue par Marcel Boll. Paris, Dunod, 1920; 1 vol. 20cm,5.

*Recherches anatomo-cliniques sur les névromes d'amputations douloureux. Nouvelles contributions à l'étude de la régénération nerveuse et du neurotropisme*, par G. Marinesco. Extrait des *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, séries B, vol. **209**, p. 229-304, 1919; 1 fasc. 30cm,5. (Présenté par M. Roux.).

*Lectures on the theory of plane curves*, by Surendramohan Ganguli. Calcutta, University, 1919; 2 vol. 22cm,5.

Service hydrographique de la Marine. *Liste des bâtiments de la Marine française arrêtée le 1er janvier* 1920. Paris, Imprimerie nationale, 1920; 1 fasc. 24cm.

Service hydrographique de la marine. *Phares de et signaux de brume :* Série J : *Océan Pacifique est;* — Série K : *Océan Pacifique ouest;* — Série L : *Océan Indien et Mer Rouge*. Paris, Imprimerie nationale, 1920; 3 vol. 24cm.

Service hydrographique de la marine. *Instructions nautiques : Mer Méditerranée; — Mer des Antilles et Golfe du Mexique*. Paris, Imprimerie nationale, 1919; 2 vol. 24cm.

*Le problème de l'Univers*, par A. A. de Moraes Carvalho. Lisbonne, Emprensa Diario de Noticias, 1920; 1 vol. 23cm.

*A Guide to the Old Observatories at Delhi, Jaipur, Ujjain, Benares*, by G. R. Kaye. Calcutta, Superintendent Government printing, 1920; 1 vol. 21cm.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 19 JUILLET 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE ET ASTRONOMIE. — *Résistance d'un fluide à la translation horizontale d'un corps fuselé, ou sphérique, en immersion profonde.* Note de M. F.-E. FOURNIER.

1. Supposons qu'un corps fuselé, de surface Σ, et de sections transversales circulaires, par exemple, se transporte horizontalement, suivant son axe de figure, avec une vitesse V, dans un fluide, en *immersion profonde*, c'est-à-dire l'enveloppant, en tous sens, sur une étendue assez grande pour acquérir la propriété d'équilibrer, par ses réactions extérieures, toutes les impulsions translatoires que le mobile débite en s'y frayant passage, *par ses rugosités frottantes superficielles* et *par les poussées dénivellatrices de ses reliefs latéraux*.

2. La somme totale, $R_1$, de ces impulsions translatoires est alors employée, sous les réactions extérieures du milieu, à équilibrer les résistances passives de la *viscosité* du fluide, s'y multipliant par remous tourbillonnaires et entre-choquements moléculaires, dans l'ensemble du cycle récupérateur de ses déplacements relatifs. Celles de ces réactions qui s'exercent ainsi *verticalement* y mettent obstacle à *toute dénivellation;* et les autres y assurent : d'une part, le *débit rétrograde*, dans l'espace libre environnant la surface Σ, de *la portion du fluide refoulée par sa proue;* et, d'autre part, son *replacement*, *en poupe fluide*, à l'arrière de cette surface.

Mais, ce mode de récupération sous les réactions extérieures du milieu, perpendiculaires à la direction de la translation, entretient, par les entre-

choquements moléculaires en résultant, *des oscillations transversales* d'une *intensité proportionnelle au carré de la vitesse* translatoire V et, dans une mesure d'autant plus considérable, à valeurs égales de V, que la convexité de la surface, Σ, est plus grande et que la viscosité des molécules oscillantes entrave moins leurs réactions élastiques.

3. La suppression de cette viscosité dans le milieu où se transporte ainsi un corps fuselé ou sphérique, en immersion profonde, aurait, on le voit, pour conséquences d'y mettre fin, du même coup : à ses *dénivellations*, à son entraînement *en proue et en poupe fluides*, à ses *remous tourbillonnaires* ainsi qu'à la *résistance totale* $R_1$ qu'il oppose à la translation, de vitesse V, de ce mobile ; tandis qu'elle y *élèverait, au contraire, à son maximum absolu, dans le cas d'un corps sphérique, l'intensité, proportionnelle* à $V^2$, du *régime oscillatoire transversal*, entretenu dans le champ de récupération du fluide par les réactions du milieu, perpendiculaires à la direction de cette vitesse translatoire V.

4. Si donc les astres ne rencontrent aucune résistance à leur translation, c'est qu'elle a lieu : soit dans un vide absolu; soit dans un fluide, l'*éther, sans viscosité* et d'une *élasticité parfaite*, nécessaire pour assurer sa récupération intégrale derrière chacun de ces astres, sous les seules réactions extérieures du milieu, perpendiculaires à la direction de sa vitesse translatoire V, y entretenant *un champ d'oscillations transversales, d'une intensité proportionnelle à* $V^2$.

Or, la Terre, par exemple, y gravitant autour du Soleil, avec une vitesse, G, variable suivant les lois de la Mécanique céleste, passe, chaque année, par deux positions relatives où sa *vitesse translatoire* V est *parallèle* à la projection $V_s$, sur le plan de l'écliptique, de celle de cet astre : *De mêmes sens*, dans l'une, où $V' = V_s + G'$; et de *sens opposés*, dans l'autre, où $V'' = V_s - G''$, de façon que la récupération de l'éther derrière notre globe terrestre y entretient un champ d'oscillations transversales d'une intensité proportionnelle à $V'^2 = (V_s + G')^2$ dans le premier cas, et à $V''^2 = (V_s - G'')^2$, dans le deuxième cas.

5. Dans ces conditions, si l'observation révélait que les oscillations transversales de l'éther, se renouvelant sans cesse entre ces deux limites sur la face arrière de la Terre, y *troublent manifestement la transmission des ondes de la télégraphie sans fil la contournant*, à l'époque de chaque révolution diurne, où ses ondes sont émises dans le champ de ces oscillations pertur-

batrices, ne pourrait-on en tirer : *une preuve expérimentale de l'existence de l'éther* dans les espaces planétaires, ainsi que la confirmation de son mode de récupération oscillatoire en arrière des globes célestes, et déduire enfin, des mêmes observations, des évaluations approchées, nouvelles, de la *direction* et de la *grandeur* de la vitesse de translation, $V_s$, de notre système solaire?

6. Quoi qu'il en soit, pour en revenir au but principal de cette Note, le fait, ressortant des considérations précédentes, que la *suppression de la viscosité* dans un fluide peut, *seule, annuler la résistance* $R_1$ qu'il oppose à la translation horizontale d'un corps fuselé suivant son axe de figure, en immersion profonde, implique que le coefficient caractéristique $\eta$ de cette viscosité, dont les valeurs numériques sont, par exemple, à la température moyenne de 15°, $\eta = 0{,}011\,503$, pour l'eau, et $\eta = 0{,}000\,178\,3$, pour l'air, doit figurer, *en principe*, *en facteur commun*, dans toute expression générale de $R_1$, à une puissance, à déterminer expérimentalement.

J'ai utilisé, pour cette détermination, les observations, *dans l'air*, de M. Fuhrmann, à Göttingen, et de M. G. Eiffel, à Auteuil, avec celles, *dans l'eau*, de M. le capitaine Costanzi, à Rome, et, en représentant par L la longueur de la surface $\Sigma$ d'un corps fuselé dont la section droite circulaire $B = \frac{\pi l^2}{4}$, de largeur principale $l$, est à la distance $\delta$ de l'extrémité de la proue, où l'inclinaison du profil vertical de cette surface $\Sigma$, sur l'axe de figure, atteint son maximum I, j'ai trouvé en effet que l'expression générale et complète de $R_1$ est

$$(1) \qquad R_1 = \frac{\varpi}{2g} f \Sigma V^2 \left[\frac{\eta^{0,0884}}{0{,}035\,64}\right]^{\left(\frac{l}{L}\sin I\right)^4} \left[\frac{2{,}23\left(\frac{l}{L}\right)^{0,06} + \omega_1\left(\frac{V^2}{l}\right)}{1 + \omega_1\left(\frac{V^2}{l}\right)}\right]^{1-\left(\frac{l}{L}\sin I\right)^4}$$

avec : la constante des frottements $f = 0{,}003\,06$ ; le poids du mètre cube du fluide, $\varpi$, et une constante de forme

$$(2) \qquad \omega_1 = 0{,}4439\left[\frac{\delta}{L}\left(\frac{2}{3} - \frac{\delta}{L}\right)\sin\pi\left(\frac{l}{L}\right)^{0,4} - 0{,}092\,68\right],$$

dont le *maximum* est atteint pour $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{3}$ et $\frac{l}{L} = \frac{1}{6}$.

7. Mais sur les corps fuselés où I et $\frac{l}{L}$ ne dépassent guère 45° et $\frac{1}{6}$, l'expression (1) se réduit à une forme approchée à plus de $\left(\frac{1}{1000}\right)$ et plus

simple, (3) d'où disparaît $\eta$ :

$$(3)\qquad R_1 = \frac{\varpi}{2g} f \Sigma V^2 \left[ \frac{2,23\left(\frac{l}{L}\right)^{0,06} + \omega_1 \left(\frac{V^2}{l}\right)}{1 + \omega_1 \left(\frac{V^2}{l}\right)} \right].$$

8. Enfin, dans le cas limite où la surface $\Sigma$ revêt la *forme sphérique*, l'expression de $R_1$ redevient complète sous le type

$$(4)\qquad R_1 = \frac{\varpi}{2g} f \Sigma V^2 \left( \frac{\eta^{0,0884}}{0,035\,64} \right),$$

inédit comme les précédents, quand le régime est devenu permanent, et, au moins jusqu'à la vitesse de $40^m$ à la seconde qu'elle n'a pas dépassée dans les expériences.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Bromhydrines et dérivés bibromés obtenus en partant des alcoylallylacétophénones*

$$C^6H^5 - CO - CH\!\!\overset{R}{\diagup}\!\!-CH^2 - CH = CH^2 \quad \text{et} \quad C^6H^5CO - C\!\!\begin{matrix}\diagup R\\ -CH^2 - CH = CH^2.\\ \diagdown R_1\end{matrix}$$

Note de M. **A. Haller** et Mme **Ramart-Lucas.**

Le caractère non saturé des allylacétophénones préparées par l'un de nous, et le regretté Ed. Bauer ([1]), nous a conduits à essayer l'action du brome sur ces cétones mixtes arborescentes.

Nous avons opéré, dans cette étude, sur les composés suivants, dans lesquels la liaison éthylénique se trouve en position $\gamma$ vis-à-vis de la fonction cétonique :

Diméthylallylacétophénone,

$$C^6H^5 - CO - C\!\!\begin{matrix}\diagup CH^3\\ -CH^2 - CH = CH^2;\\ \diagdown CH^3\end{matrix}$$

Diéthylallylacétophénone,

$$C^6H^5 - CO - C\!\!\begin{matrix}\diagup C^2H^5\\ -CH^2 - CH = CH^2;\\ \diagdown C^2H^5\end{matrix}$$

---

([1]) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 825.

Méthylbenzylallylacétophénone,

$$C^6H^5 - CO - C\begin{cases} CH^3 \\ CH^2 - CH = CH^2; \\ CH^2C^6H^5 \end{cases}$$

Méthylallylacétophénone,

$$C^6H^5 - COCH\begin{cases} CH^3 \\ CH^2 - CH = CH^2. \end{cases}$$

Remarquons encore que si les trois premières cétones peuvent être considérées comme des trialcoylacétophénones, la quatrième n'est qu'une dialcoylacétophénone. Comme on le verra dans la suite, cette différence de constitution influe sur la stabilité du dérivé bromé qui prend naissance dans l'action directe de l'halogène sur la cétone.

*Préparation des dérivés bromés.* — Cette préparation a été effectuée en ajoutant à une solution de la cétone dans le chloroforme la quantité de brome théorique, sous la forme d'une liqueur normale de l'halogène dans le chloroforme. On peut aussi faire l'opération avec une solution chloroformique quelconque de brome et arrêter l'addition quand la liqueur ne se décolore plus. D'une façon générale, la réaction se fait à froid avec échauffement de la liqueur, mais dans le cas de la méthylallylacétophénone il faut chauffer légèrement au bain-marie pour favoriser l'addition.

Les liqueurs ainsi obtenues, abandonnées à elles-mêmes, ne tardent pas à dégager de l'acide bromhydrique et à laisser déposer, peu à peu, des cristaux plus ou moins colorés et imprégnés de liquides visqueux qu'on sépare en étalant la matière sur des assiettes poreuses. Le produit est finalement mis à cristalliser dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole.

A part le composé obtenu avec la méthylallylacétophone, tous les dérivés sont constitués par des bromhydrines engendrées par l'action de l'humidité de l'air sur les bibromures qui se forment passagèrement.

$$C^6H^5.CO.C\begin{cases} R \\ CH^2 - CHBr - CH^2Br + H^2O \\ R_1 \end{cases}$$

$$= C^6H^5.CO.C\begin{cases} R \\ CH^2 - CHOH.CH^2Br \quad (I) \\ R_1 \end{cases}$$

ou

$$C^6H^5CO.C\begin{cases} R \\ CH^2 - CH^2Br.CH^2OH \quad (II). \\ R' \end{cases}$$

Nous optons pour la formule (I) en raison de la facilité avec laquelle les bromures secondaires sont hydrolysés et aussi par analogie, d'une part, avec les faits observés par Hœring [1] dans son étude sur l'anéthol et l'isosafrol et, d'autre part, avec ceux publiés par Barker et Iowet [2] sur l'action de l'acétone aqueuse sur les 3.4-méthylènedioxyphényl-1, $\alpha$-$\beta$-dibromoéthane et 3.4-diméthoxyphényl-1.$\alpha$-$\beta$-dibromoéthane, qui sont respectivement transformés en leurs bromhydrines,

$$CH^2\left\langle\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right\rangle C^6H^3-CHOH-CH^2Br \quad \text{et} \quad \begin{matrix}CH^3O\\CH^3O\end{matrix}\Big\rangle C^6H^3-CHOH.CH^2Br,$$

bromhydrines qui ont servi aux savants anglais à faire la synthèse des éthers méthylénique et méthylique de l'adrénaline.

*Bromhydrine obtenu avec la diméthylallylacétophénone-2-benzoyl-2-méthyl, 5-bromo-4-pentanol* $C^6H^5CO.C\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^2.CHOH.CH^2Br\\CH^2\end{matrix}\right.$. — Obtenu d'abord par la méthode générale signalée plus haut, nous avons encore préparé ce composé en ajoutant peu à peu de l'allyldiméthylacétophénone, dissoute dans de l'acétone, à une solution aqueuse de la même cétone et de brome. Dans ces conditions, il se forme instantanément de la bromhydrine se séparant du liquide, sous la forme d'une masse blanche et solide qu'il suffit de recueillir sur un entonnoir à essorer et de faire cristalliser ensuite dans un mélange d'éther et de pétrole. Ce procédé a l'inconvénient de fournir de l'acétone bromée, à odeur piquante, qu'il est facile de séparer. Les cristaux retiennent en outre de petites quantités de cétone non saturée qu'on retrouve dans les liquides mères.

Le dérivé bromé se présente sous la forme de beaux cristaux blancs, très solubles dans la plupart des solvants organiques, et fondant nettement à 106°. Si l'on chauffe le produit au-dessus de 106°, il s'étale sur le mercure, en même temps qu'il se forme une pellicule opaque qui se décompose peu à peu tout en se volatilisant. Avec l'alcool éthylique, il se forme une combinaison cristallisée fondant vers 54° sur laquelle nous reviendrons dans la suite.

---

(1) Hœring, *D. ch. Ges.*, t. 38, 1905, p. 2296.
(2) Barker et Iowet, *Chem. Soc.*, t. 87, 1905, p. 967.

*Bromhydrine de l'allyldiéthylacétophénone-3-benzoyl-3-éthyl-6-bromo-5-hexanol* $C^6H^5.CO.C \begin{cases} C^2H^5 \\ CH^2-CHOH.CH^2Br \\ C^2H^5 \end{cases}$. — Préparé au sein du chloroforme, ce composé ne prend naissance que très lentement. Ce n'est qu'au bout de quelques mois que nous avons obtenu une masse noire que nous avons purifiée, d'abord au moyen de la porcelaine poreuse, puis par de nombreuses cristallisations dans le mélange éther et éther de pétrole. On obtient finalement des aiguilles blanches, molles et fondant peu nettement entre 84° et 88°. Exposé à la lumière, ce produit jaunit rapidement en se ramollissant.

Un dosage de brome a fourni 24,94 de brome au lieu de 25,55 qu'exige la théorie.

*Bromhydrine de l'allylméthylbenzylacétophénone-2-benzoyl-2-benzyl-5-bromopentanol-4* $C^6H^5CO.C \begin{cases} CH^2C^6H^5 \\ CH^2.CHOH.CH^2Br \\ CH^3 \end{cases}$. — Préparé au sein du chloroforme, ce composé a mis quelque temps à se former. Sa purification s'est effectuée comme celle du dérivé diéthylé.

Il se présente sous la forme de cristaux durs et blancs fondant nettement à 125°-126°, et est soluble dans la plupart des solvants organiques.

*Bibromure de l'allylméthylacétophénone-2-benzoyl-2-méthyl-4.5-dibromopentane* $C^6H^5.CO.C \begin{cases} CH^3 \\ CH^2-CHBr.CH^2Br \end{cases}$. — Préparé dans les mêmes conditions que les bromhydrines, en ayant soin de chauffer légèrement la solution chloroformique, ce dérivé se dépose, après évaporation du solvant, sous la forme de cristaux grenus, durs, bruns et souillés d'un liquide de même couleur. Après purification, on obtient des petits cristaux blancs fondant vers 128° en crépitant. Si l'on chauffe davantage, le liquide fondu s'étale sur la surface du bain de mercure, devient subitement opaque pour, finalement, se décomposer en un liquide brun qui disparaît à une plus haute température.

Peu soluble dans l'éther de pétrole, ce composé se dissout facilement dans l'éther et dans le benzène.

L'analyse élémentaire, ainsi que le dosage du brome, permettent de considérer le corps comme un dérivé dibromé. Il en est de même de la détermination du poids moléculaire par cryoscopie. Faite au sein du benzène,

cette détermination a conduit au P. M. = 344, alors que la formule $C^{12}H^{14}Br^2O = 334$.

En résumé, tandis que les allyldialcoylacétophénones du type

$$C^6H^5.CO.C\begin{cases} R \\ CH^2.CH = CH^2 \\ R_1 \end{cases}$$

fournissent, avec du brome, des bromhydrines, la méthylallylacétophénone donne, dans les mêmes conditions expérimentales, un dérivé dibromé stable, répondant à la formule

$$C^6H^5.CO.\overset{CH^3}{\overset{/}{C}}HCH^2.CHBr - CH^2Br.$$

Nous poursuivons l'étude de ces composés et de leurs analogues.

MÉDECINE. — *L'épreuve de l'hémoclasie digestive dans l'étude de l'insuffisance hépatique*. Note de MM. **F. Widal**, **P. Abrami** et **N. Iancovesco**.

Par une série de recherches expérimentales, exposées dans une Note précédente [1], nous avons montré que pendant les premières heures qui suivent l'absorption d'un repas azoté, des substances protéiques incomplètement désintégrées pénètrent de l'intestin dans la veine porte, et que le foie exerce, à l'état normal, sur ces subtances, une action d'arrêt manifeste.

Les recherches cliniques dont nous résumons aujourd'hui les résultats généraux montrent que l'étude de ce pouvoir protéopexique du foie fournit un moyen d'une extrême sensibilité, pour dépister l'insuffisance fonctionnelle de cet organe. Lorsque le foie est altéré, il devient incapable de s'opposer au passage dans la circulation générale des protéides insuffisamment désintégrés, et ce passage se traduit immédiatement par une crise hémoclasique. La recherche de cette crise, après un repas d'épreuve azoté, constitue donc un procédé d'exploration très simple, et en même temps très rigoureux, de l'insuffisance hépatique.

Voici comment nous avons réglé, pour le moment, la *technique de cette épreuve de l'hémoclasie digestive*. Le sujet à examiner est à jeun depuis la veille au soir. Ce détail est des plus importants; car, si l'absorption d'eau

(1) F. Widal, P. Abrami et N. Iancovesco, *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 74.

ou de tisanes dans les heures qui précèdent ne prête pas à causes d'erreur; par contre, l'ingestion d'une quantité même minime d'un aliment azoté peut suffire, ainsi que nous le verrons, à fausser les résultats de l'expérience. Après avoir établi son équilibre vasculo-sanguin, on fait absorber au sujet l'aliment d'épreuve, et l'on poursuit l'examen du sang de 20 en 20 minutes, pour rechercher la crise hémoclasique. Dans la plupart des épreuves systématiques que nous avons entreprises, nous avons tenu compte de tous les éléments étudiés en pareil cas : leucocytose, formule leucocytaire, pression artérielle, coagulabilité sanguine, indice réfractométrique du sérum, et nous avons poursuivi ces recherches pendant les trois heures qui suivent le repas. Dans la pratique, les résultats utiles au diagnostic sont acquis en 1 heure 30 minutes au maximum et l'on peut se contenter d'enregistrer les variations de la leucocytose : la leucopénie caractéristique de la crise hémoclasique est suffisamment nette pour ne laisser place à aucun doute.

Quant à la composition du repas d'épreuve, elle est des plus simples : un verre de $200^g$ de lait, correspondant à une dose de $8^g$ à peine d'albumine. A la suite d'essais comparatifs nombreux, effectués avec la viande, les œufs et divers autres aliments, nous avons fixé notre choix sur le lait, aliment toujours facilement accepté des malades, et dont la dose de $200^g$ dépasse largement, nous allons le voir, la quantité nécessaire à mettre en évidence l'insuffisance protéopexique du foie.

D'autre part, nous nous sommes assurés que, dans le lait, ce sont bien les substances azotées qui déterminent l'hémoclasie digestive; car, chez des sujets qui présentaient après l'ingestion de ce liquide la crise hémoclasique caractéristique, ni l'absorption des hydrates de carbone ($150^g$ de sirop de sucre), ni celle de graisse ($30^g$ de beurre essoré), n'ont produit la moindre altération de l'équilibre hématique. Par contre, après absorption de $7^g,50$ de caséine sèche, dose correspondant à celle contenue dans $200^g$ de lait, on obtient une réaction très intense et particulièrement précoce.

Avant d'exposer les résultats fournis chez les hépatiques par cette épreuve de l'hémoclasie digestive, disons tout de suite qu'elle se montre négative, non seulement chez les individus *normaux*, mais dans les *états pathologiques où le fonctionnement du foie reste suffisant*. Chez 11 sujets normaux, soumis à l'absorption soit de $150^g$ de viande et 2 œufs, soit de $200^g$ à $400^g$ de lait, soit d'un repas ordinaire varié, les modifications de l'équilibre vasculo-sanguin ont toujours été inverses de celles qui caractérisent la crise hémoclasique ; la digestion provoque de la leucocytose, une élévation légère de la pression et une augmentation de l'indice réfractomé-

trique du sérum. La notion de la leucocytose digestive, depuis longtemps classique, suffisait d'ailleurs à faire prévoir ces résultats.

Il en est de même chez les individus atteints des maladies les plus diverses, aiguës ou chroniques, dans lesquelles toute détermination hépatique fait défaut : *tuberculose pulmonaire* (6 cas); *néphrites chroniques* à forme chlorurémique (3 cas), hypertensive (2 cas); *thyroïdite* (1 cas); *syringomyélie* (1 cas); *tabès* (2 cas); *encéphalite léthargique* (1 cas); *polyomyélite* (1 cas); *hémiplégie syphilitique* (1 cas); *hémoglobinurie paroxystique* (1 cas). Tous ces malades, chez lesquels il n'y avait pas à soupçonner de lésion hépatique, ont réagi à l'épreuve de l'hémoclasie digestive absolument comme des sujets normaux.

Il était particulièrement important d'effectuer la même recherche de contrôle chez des malades atteints *d'affections du tube digestif*. On aurait pu supposer en effet que, chez eux, l'insuffisante élaboration des aliments azotés, au cours de la digestion gastrique ou intestinale, pouvait permettre un passage plus facile, au travers de la muqueuse digestive, d'albumines incomplètement désintégrées, et provoquer de la sorte une crise hémoclasique, en forçant la limite de tolérance du foie. Il n'en est rien. Trois sujets atteints d'entéro-colite chronique avec hypochlorhydrie et évacuation gastrique très rapide; un autre, atteint d'entérite tuberculeuse avec diarrhée profuse, deux malades en pleine évolution de dysenterie amibienne sans localisation hépatique se sont comportés, après absorption du repas d'épreuve, comme des sujets normaux. Il en a été de même chez deux sujets atteints d'anémie pernicieuse avec anachlohydrie et apepsie presque absolues et chez une femme présentant, au contraire, une hyperpepsie très intense avec hyperchlorhydrie.

Enfin, mêmes constatations négatives ont été faites dans un cas d'*ictère hémolytique acquis*, montrant que, dans cette maladie, la fonction protéopexique n'est pas plus altérée que ne le sont, ainsi que nous l'avons soutenu jadis, les autres fonctions du foie.

Il en va tout autrement dès que l'insuffisance hépatique est en cause. Nous rapporterons tout d'abord les résultats observés chez des sujets atteints de *maladies hépatiques avérées*, dont les altérations fonctionnelles sont évidentes, à la fois par l'examen clinique et par l'exploration chimique (recherche des pigments biliaires, de l'urobiline, de la réaction de Hay, du rapport azotémique).

Nous avons pris comme sujets d'étude : des cirrhotiques, des cancéreux hépatiques, des ictériques, des sujets atteints de foies cardiaques.

Un cas de cirrhose atrophique du type Laënnec, trois cas de cirrhose hypertrophique mixte, alcoolo-syphilitique avec ictère, une cirrhose hypertrophique graisseuse tuberculeuse, une cirrhose alcoolique hypertrophique chez un diabétique; enfin une cirrhose pigmentaire diabétique chez un paludéen, au total, sept cas de *cirrhoses hépatiques* ont été soumis à l'épreuve de l'hémoclasie digestive. Nous avons examiné en outre deux cas de *cancers du foie* étendus, l'un concernant un cancer nodulaire, l'autre un sarcome diffus; de même nous avons soumis à l'épreuve trois cas d'ictère catarrhal, un ictère aigu spirochétosique, deux ictères chroniques, l'un consécutif à un cancer du pylore avec sténose incomplète, l'autre, de cause indéterminée; deux cas d'ictère toxique par néosalvarsan; enfin quatre cas de *foie cardiaque;* en tout, par conséquent, vingt et un cas d'affections hépatiques certaines.

Chez tous ces malades, à l'exception d'un seul, sur le cas duquel nous allons revenir, l'épreuve de l'hémoclasie digestive, répétée à plusieurs reprises, a fourni des résultats d'une netteté remarquable. Dans les deux heures qui suivent l'absorption des $200^{g}$ de lait, on assiste à l'évolution d'une crise hémoclasique intense. Le taux des globules blancs, après s'être quelque temps maintenu à son chiffre initial, s'abaisse dans des proportions progressivement variables, jusqu'à atteindre les trois quarts, la moitié, parfois le tiers, ou même le quart de ce chiffre; en même temps, on voit se constituer l'inversion de la formule leucocytaire; la pression artérielle tombe de $2^{cm}$, $3^{cm}$, quelquefois davantage; le sang devient plus rapidement coagulable; enfin l'indice réfractométrique du sérum subit une baisse notable. Après 1 heure, 1 heure et demie en moyenne, tous les chiffres précédents accusent une correction en sens inverse; une phase de leucocytose avec hypertension légère succède à la crise hémoclasique.

Dans la presque totalité des cas, tous les éléments qui constituent cette crise suivent des évolutions parallèles et synchrones. Parfois cependant, on peut assister à des crises dissociées, dans lesquelles la leucopénie ne s'accompagne pas d'hypotension artérielle ni de modifications nettes de la coagulabilité sanguine; parfois également, la crise, au lieu d'évoluer en une courbe continue, s'effectue par échelons, et l'on voit se produire une série d'alternatives de diminution, puis d'augmentation du taux des globules blancs. Ces éventualités restent exceptionnelles; nous ne les avons notées que quatre fois, chez des sujets à qui nous avions fait prendre des doses minimes d'aliments azotés.

La crise d'hémoclasie digestive débute rapidement : c'est en général au

bout de 20 à 40 minutes, une heure tout au plus après le repas d'épreuve qu'elle devient évidente. Cette constatation est importante; elle vient à l'appui des expériences que nous avons relatées dans notre précédente Note, pour montrer que c'est pendant le stade initial de la digestion que des protéides incomplètement élaborés franchissent la muqueuse intestinale.

Le fait de voir, chez nos malades, l'hémoclasie succéder à l'absorption de 200$^g$ de lait, c'est-à-dire de 8$^g$ environ d'albumine, suffirait à prouver que les substances qui traversent le foie et déclanchent la crise vasculo-sanguine sont bien des produits protéiques de désintégration incomplète, et non des acides aminés. Ceux-ci, comme l'a montré Nolf, ne provoquent cette crise qu'à doses très élevées, supérieures à 0$^g$,50 par kilogramme. Bien plus, des expériences comparatives que nous avons entreprises, en vue d'apprécier le degré de l'insuffisance protéopexique du foie chez nos malades, nous ont montré qu'avec des doses d'albumine ingérée bien plus faibles encore, on peut néanmoins provoquer la crise d'hémoclasie digestive. Si tous nos malades ont réagi à l'absorption de 200$^g$ de lait, chez cinq d'entre eux il a suffi de 100$^g$ et, chez deux autres, de 50$^g$, pour déterminer la crise. Un sujet, atteint d'ictère catarrhal prolongé, présentait encore cette crise, après ingestion de 15$^g$ de lait. Il y a, à cet égard, entre les divers malades, et suivant les périodes de l'affection, des différences qu'il est intéressant de souligner, dans le degré de l'insuffisance protéopexique du foie.

Une autre constatation vient également à l'encontre de l'hypothèse que la crise d'hémoclasie digestive pourrait être produite par les acides aminés, c'est que cette crise donne lieu à une « immunité temporaire » évidente, absolument comme pour les albumoses et les peptones, et contrairement à ce qui s'observe avec les acides aminés. Si, après avoir fait prendre à une de nos malades le repas de 200$^g$ de lait qui provoque l'hémoclasie, on lui administre un repas identique dans les heures qui suivent, on constate que la première prise de lait a produit un état d'immunité qui persiste pendant 3 heures environ; effectuée 1 heure, 1 heure et demie et 2 heures après le premier repas, une ingestion nouvelle d'albumine ne provoque plus de crise hémoclasique; après 3 heures, l'immunité est presque nulle; au delà, la crise se répète une nouvelle fois. Indépendamment de son intérêt théorique, un fait pareil présente une importance pratique qui mérite d'être mis en évidence. Chez une femme atteinte de cirrhose hypertrophique avec ictère, l'épreuve de l'hémoclasie digestive, effectuée une première fois, se montre, à notre étonnement, très atténuée. Or, en interrogeant cette malade, nous avons appris que, dans les heures précédentes, elle avait,

malgré nos recommandations, absorbé un peu de lait. Depuis lors, l'épreuve effectuée chez elle à jeun, à plusieurs reprises, s'est toujours montrée très fortement positive. On comprend la nécessité, sur laquelle nous avons insisté plus haut, d'exiger des malades une abstinence azotée complète, avant l'épreuve de l'hémoclasie digestive.

Il était intéressant de reprendre à cet égard les essais de préservation contre certains accidents de choc anaphylactique d'origine digestive, à l'aide de l'ingestion de petites doses de peptone, méthode dont on doit la connaissance aux travaux de MM. Pagniez et Pasteur Vallery-Radot. Nous avons donc recherché si, chez les hépatiques qui présentent le phénomène de l'hémoclasie digestive, après ingestion de 200$^g$ de lait, l'absorption d'un cachet de peptone, de 0$^g$,50, une heure auparavant, ne créerait pas également l'état d'immunité temporaire, et ne mettrait pas ces sujets à l'abri de la crise hémoclasique. Le résultat de l'expérience s'est montré décisif; la petite quantité de peptone ainsi administrée a suffi à empêcher la crise. Cette immunité, qui est complète lorsque la peptone est ingérée 1 heure ou 1 heure et demie avant le repas d'épreuve, est déjà moins parfaite au bout de 2 heures; elle disparaît au bout de 3 heures.

Recherchée systématiquement chez tous les hépatiques avérés qu'il nous a été donné d'observer, l'épreuve de l'hémoclasie n'a fourni de résultat négatif qu'une seule fois. Il s'agissait d'un cas de cirrhose pigmentaire, chez un diabétique paludéen; l'hémoclasie, recherchée une première fois après ingestion de 200$^g$ de lait, une seconde fois après absorption de 150$^g$ de viande et deux œufs, a fait défaut. Ces deux expériences ont été, il est vrai, effectuées peu de jours avant la mort, et l'on peut se demander si leur caractère négatif ne tient pas soit au défaut d'absorption des aliments ingérés par un tube digestif en état de collapsus, soit à un état d'hyperhépatie, qui a été invoqué, on le sait, dans ces formes spéciales de diabète pigmentaire.

Les résultats si précis fournis par l'épreuve de l'hémoclasie digestive chez les sujets atteints d'affections évidentes du foie nous ont engagés à effectuer les mêmes recherches chez des malades dont l'atteinte hépatique ne se révélait que par des signes urologiques frustes (légère urobilinurie, réaction de Hay), ou, en l'absence même de tout symptôme, restait seulement probable. Nous avons pu nous convaincre, de la sorte, que cette épreuve est même parfois capable de déceler l'insuffisance hépatique, alors que les autres épreuves classiques peuvent se montrer négatives. Grâce à sa sensibilité extrême, elle permet de dépister en clinique des tares hépatiques latentes, qui, sans ce procédé d'exploration, passeraient inaperçues. Nous reviendrons en détail sur ces faits dans une prochaine Note.

THERMODYNAMIQUE. — *Détermination de la dernière des trois fonctions qui définissent l'équation d'état de l'éther.* Note [1] de M. E. **Ariès**.

Ayant déterminé dans notre dernière Communication [2] les fonctions $x$ et $\Phi$, c'est-à-dire deux des trois fonctions de la température qui définissent l'équation d'état de l'éther, il nous restait à déterminer la fonction $a$ qui rentre dans les formules

$$v_1 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\Phi}(a + y_1), \tag{1}$$

$$v_2 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\Phi}(a + y_2). \tag{2}$$

$x$ et $\Phi$ étant des fonctions connues, ces formules donnent, pour chaque température, les volumes moléculaires de l'éther dans ses deux états de saturation, à la condition de connaître la fonction $a$. Réciproquement, à toute température pour laquelle $v_1$ ou $v_2$ est donné par l'expérience, correspond la valeur de $a$ que l'on tire de l'une de ces deux formules. On peut donc avec les données de M. Sydney Young, pour l'état liquide, par exemple, calculer les valeurs numériques de $a$ de 10° en 10°, et chercher ensuite une forme qui représente convenablement cette fonction.

La forme

$$a = a_c + \frac{(1-\tau)^2}{10^\Theta} \tag{3}$$

nous a paru la plus simple répondant à ce but, $\Theta$ étant un polynome du troisième degré en $\tau$ :

$$\Theta = \frac{1}{0,0073688}(A + B\tau + C\tau^2 + D\tau^3). \tag{4}$$

La valeur $a_c$ de la fonction $a$ à la température critique s'obtient en faisant $\tau = 1$ dans l'une des formules (1) ou (2). On a alors $x = \Phi = 1$, $y_1 = y_2 = 2$, ce qui donne

$$v_c = \frac{RT_c}{8T_c}(a_c + 2),$$

d'où l'on tire, d'après les valeurs des éléments critiques,

$$a_c = 0,09809.$$

(1) Séance du 12 juillet 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 871.

Des valeurs que prend la fonction, et, par suite, le polynome $\Theta$ aux températures 20°, 70°, 120° et 170°, on déduit :

$$A = 0,19260, \quad B = 0,69943, \quad C = 0,86586, \quad D = 0,37802.$$

Tous les éléments des formules (1) et (2) étant entièrement connus, on en déduit les volumes moléculaires $v_1$ et $v_2$ occupés par l'éther à toute température. Les résultats obtenus par ce calcul sont consignés dans le Tableau suivant. On y voit que les valeurs calculées de $v_1$ et de $v_2$ s'accordent avec les données de M. Sydney Young autant qu'il était permis de l'espérer dans une première étude de l'éther.

*Éther.*

($T_c = 466,9$, $P_c = 2706^{cm}$, $v_c = 0,28240$, $\omega = 74,08$, $R = 0,0821$.)

| | Volumes moléculaires du fluide saturé (en litres). | | | |
|---|---|---|---|---|
| | État de vapeur ($v_1$). | | État liquide ($v_2$). | |
| | Form. (1). | S. Young. | Form. (2). | S. Young. |
| 0° | 90,8834 | 89,5627 | 0,10442 | 0,10062 |
| 10 | 59,0275 | 58,5972 | 0,10413 | 0,10221 |
| 20 | 39,7199 | 39,6106 | 0,10385 | 0,10385 |
| 30 | 27,6983 | 27,6763 | 0,10516 | 0,10454 |
| 40 | 19,8248 | 19,8535 | 0,10712 | 0,10745 |
| 50 | 14,7015 | 14,5862 | 0,10933 | 0,10952 |
| 60 | 10,8528 | 10,9416 | 0,11128 | 0,11127 |
| 70 | 8,27322 | 8,20437 | 0,11342 | 0,11342 |
| 80 | 6,40005 | 6,41533 | 0,11595 | 0,11571 |
| 90 | 4,98567 | 5,01522 | 0,11847 | 0,11853 |
| 100 | 3,97044 | 3,96698 | 0,12134 | 0,12134 |
| 110 | 3,17152 | 3,15388 | 0,12472 | 0,12475 |
| 120 | 2,54943 | 2,52503 | 0,12853 | 0,12853 |
| 130 | 2,05844 | 2,03645 | 0,13364 | 0,13275 |
| 140 | 1,66440 | 1,65050 | 0,13920 | 0,13757 |
| 150 | 1,34192 | 1,33425 | 0,14542 | 0,14305 |
| 160 | 1,06781 | 1,07194 | 0,15219 | 0,14972 |
| 170 | 0,83911 | 0,84822 | 0,15900 | 0,15905 |
| 180 | 0,63346 | 0,65302 | 0,17492 | 0,17357 |
| 190 | 0,41534 | 0,45722 | 0,20364 | 0,20224 |

Les fonctions $x$, $\Phi$ et $a$ définissent complètement les trois fonctions $\varphi$, $\alpha$ et $\beta$ qui rentrent dans l'équation d'état

$$p = \frac{RT}{v - \alpha} - \frac{\varphi}{(v + \beta)^2},$$

en vertu des relations suivantes :

$$\varphi = \varphi_c \frac{\tau}{\Phi}, \qquad \gamma = \alpha + \beta = \gamma_2 \frac{x}{\Phi}, \qquad \alpha = \gamma a = \gamma_c \frac{x}{\Phi} a, \qquad \beta = \gamma_c \frac{x}{\Phi}(1 - a),$$

$$\varphi_c = \frac{27}{64} \frac{R^2 T_c^2}{P_c}, \qquad \gamma_c = \frac{RT_c}{8 P_c}.$$

On a, d'ailleurs, pour l'éther :

$$\gamma_c = 0,1346, \qquad \alpha_c = \gamma_c a_c = 0,0132, \qquad \beta_c = \gamma_c(1 - a_c) = 0,1214.$$

On voit, par cet exemple, combien il était nécessaire de modifier l'équation de Van der Waals, comme l'a fait Clausius, en introduisant au dénominateur du second terme le covolume $\beta$, lequel varie d'ailleurs avec la température comme le covolume $\alpha$, et devient, pour l'éther, à la température critique, neuf fois plus grand que le covolume $\alpha$ de Van der Waals.

## NOMINATIONS.

M. **Bergonié** est désigné pour représenter, le 25 juillet, l'Académie à l'inauguration du monument élevé, au Castéra-Verduzan, à la mémoire de M. *Lannelongue*.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E. Coquidé, *Amélioration des plantes cultivées et du bétail.* (Présenté par M. Viala.)

2° *Les maîtres de la pensée scientifique :* Lazare Spallanzani, *Observations et expériences faites sur les animalcules des infusions;* — Antoine-Laurent Lavoisier, *Mémoires sur la respiration et la transpiration des animaux.*

### ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions automorphes.* Note de M. G. Fubini.

Dans ses belles *Leçons sur les fonctions automorphes*, M. Giraud parle de beaucoup de problèmes intéressants et en particulier des groupes qui, dans

la théorie des courbes de genre *deux*, jouent le rôle que le groupe modulaire joue pour les courbes de genre *un*, ou plus généralement des groupes provenant de la considération de formes quadratiques à $n+2$ variables, décomposables en $n$ carrés d'un même signe et deux de l'autre signe.

Qu'il me soit permis de rappeler ma Note *Nuove ricerche sui gruppi discontinui* (*Rend. del Circ. Matem. di Palermo*, t. 21) et mon Livre : *Introduzione alla teoria dei gruppi discontinui e delle funzione automorfe* (Pisa, Spoerri, 1908).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le module et les zéros des fonctions analytiques.* Note de M. **Georges-J. Rémoundos**, présentée par M. Appell.

1. Cette Note fait la suite de ma Communication précédente [1]; je me propose de faire connaître ici d'autres résultats, qui n'avaient pas de place dans mes Notes antérieures : extensions aux fonctions multiformes de théorèmes importants et bien connus.

I. *Soient* $a_1, a_2, \ldots, a_\nu$ $\nu$ *nombres quelconques et d'autre part* $2\nu$ *valeurs quelconques* $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{2\nu-1}$.

*Toutes les fonctions* $f(z)$ *qui prennent à l'origine* $z=0$ *les valeurs* $a_1, a_2, \ldots, a_\nu$ *et sont algébroïdes à* $\nu$ *branches finies dans un cercle* $|z| \leqq R$, *dans lequel elles ne prennent aucune des valeurs* $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{2\nu-1}$, *forment une famille bornée en module dans le cercle* $|z| \leqq \frac{R}{2}$ *et, par conséquent, forment une famille normale dans le même cercle de rayon* $\frac{R}{2}$. *Il en est de même dans le cercle* $|z| \leqq \theta R$, *où* $0 < \theta < 1$.

II. *Il en est de même des fonctions* $f(z)$ *qui prennent en* $z=0$ *des valeurs de module inférieur à un nombre fixe* $\gamma$, *pourvu que le nombre des valeurs exceptionnelles soit* $3\nu$, *au lieu de* $2\nu$ [2].

III. *Soit* $f(z)$ *une fonction algébroïde à* $\nu$ *branches finies dans un domaine connexe* D, *dans lequel elle ne prend pas* $3\nu$ *valeurs finies* $u_0, u_1$,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1557.

(2) Extension d'un théorème analogue sur les fonctions uniformes. Voir, par exemple, H. Bohr und E. Landau, *Ueber das Verhalten von* $\zeta(s)$ *und* $\zeta_k(s)$ *inder Nähe der Geraden* $\sigma=1$ (*Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenchaften zu Göttingen*, 1910, p. 309).

$u_2, \ldots, u_{2\nu-1}, u'_1, u'_2, \ldots, u'_\nu$. *Si les valeurs* $|f(z_0)|$ *en un point* $z_0$ *intérieur à* D *sont inférieures à un nombre* $\gamma$, *le* $|f(z)|$ *est, dans tout domaine* D, *intérieur à* D, *inférieur à une quantité ne dépendant que des valeurs exceptionnelles des domaines* D *et* $D_1$, *et de la position du point* $z_0$ *relativement au contour des domaines* D *et* $D_1$.

L'application de ce théorème à une couronne circulaire comprise entre les cercles $|z| = \frac{R}{2}$ et $|z| = 2R$ (par exemple) donne pour $|f(z)|$ une limite supérieure $\Omega(\nu, \gamma, u_0, u_1, \ldots, u_{2\nu-1}, u'_1, u'_2, \ldots, u'_\nu)$ ne dépendant ni du rayon R $\left[\text{dans une couronne intérieure comprise entre les } |z| = \frac{3R}{3}\right.$ et $|z| = \frac{4R}{3}$ (par exemple).$\left.\right]$

IV. *Une fonction analytique* $u = f(z)$, *ayant un nombre fini* $\nu$ *de branches dans le voisinage d'un point singulier transcendant isolé* $z = \alpha$, *prend dans ce voisinage toutes les valeurs, sauf* $3\nu$ *au plus, l'infini compris.* La grande importance de ce théorème est évidente : c'est l'extension aux fonctions multiformes du célèbre théorème de M. Picard, par lequel l'éminent géomètre a perfectionné le théorème classique de Weierstrass sur l'indétermination d'une fonction uniforme dans le voisinage d'un point singulier essentiel isolé. C'est là un résultat qui avait échappé aux méthodes par lesquelles, dans mes anciens travaux sur les fonctions multiformes, j'ai établi l'extension du théorème de M. Picard aux fonctions qui sont algébroïdes dans tout le plan [n'ayant que l'infini comme point singulier transcendant ([1])].

Je pense que la limite $3\nu$ peut bien s'abaisser à $2\nu$, mais, jusqu'ici, je n'ai obtenu cet abaissement que dans des cas particuliers, que j'indiquerai dans mon Mémoire étendu; il y a là un petit défaut du résultat ([2]).

V. *Soit*

$$f_1(z), f_2(z), \ldots, f_n(z), \ldots \tag{1}$$

*une suite de fonctions algébroïdes à* $\nu$ *branches finies dans un domaine*

---

([1]) Voir, par exemple, G. Rémoundos, *Sur les zéros d'une classe de fonctions transcendantes* (*Thèse de doctorat*, Paris, 1905, et *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2e série, t. 8).

([2]) Nous pouvons, d'ailleurs, remplacer le nombre $3\nu$ par $2\nu^2$ afin que notre théorème IV comprenne comme cas particulier celui de M. Picard ($\nu = 1$).

*connexe* D, *dans lequel elles ne prennent pas* $3\nu$ *valeurs exceptionnelles. Si cette suite converge en une infinité de points ayant un, au moins, point de condensation situé à l'intérieur du domaine* D, *elle converge, dans tout domaine* $D_1$ *intérieur à* D, *vers* $\nu$ *branches-limites algébroïdes et finies dans* $D_1$. C'est une extension d'un théorème de MM. Carathéodory et Landau sur les séries de fonctions holomorphes dans un domaine.

Je dois signaler le fait que la théorie des familles de fonctions analytiques de M. Montel m'a été très utile dans mes recherches en question [1].

GÉOMÉTRIE. — *Sur la représentation sphérique des surfaces et la correspondance par plans tangents parallèles.* Note de M. A. **Petot**, présentée par M. Appell.

Quand les éléments F et $f$ de Gauss sont nuls en tout point d'une surface, on sait qu'il en est de même pour la somme $\mathrm{S}\left(\frac{\partial c}{\partial u}\frac{\partial c}{\partial v}\right)$, mais que la réciproque n'a pas toujours lieu nécessairement. Cela fait prévoir qu'il doit exister en général, entre ces trois éléments différentiels, une relation de la forme

$$\mathrm{S}\left(\frac{\partial c}{\partial u}\frac{\partial c}{\partial v}\right)=\mathrm{F}\Phi+f\Psi, \tag{1}$$

où $\Phi$ et $\Psi$ sont deux expressions à déterminer.

Effectivement, en partant des formules (8) et (9) données par M. Darboux dans le paragraphe 698 de ses Leçons sur les surfaces, et en dirigeant les calculs, à cause du théorème de Bonnet sur la représentation conforme des surfaces minima, de manière à mettre en évidence dans l'expression $\Psi$ un facteur tel que $\left(\frac{1}{\mathrm{R}}+\frac{1}{\mathrm{R}'}\right)$, s'annulant en chaque point de ces surfaces, on obtient la relation

$$\mathrm{S}\left(\frac{\partial c}{\partial u}\frac{\partial c}{\partial v}\right)=-\frac{\mathrm{F}}{\mathrm{R}\mathrm{R}'}+f\left(\frac{1}{\mathrm{R}}+\frac{1}{\mathrm{R}'}\right), \tag{2}$$

qui est bien de la forme annoncée. Elle montre pourquoi, dans le cas des surfaces minima, un système orthogonal quelconque a toujours pour repré-

---

(1) Voir Montel, *Sur les familles de fonctions analytiques qui admettent des valeurs exceptionnelles dans un domaine* (*Annales de l'École Normale*, Paris, novembre 1912).

sentation sphérique un système également orthogonal; ce fait particulier se trouve ainsi rattaché à une propriété générale des surfaces.

Des calculs analogues donnent ces deux autres relations :

$$(3) \qquad \mathbf{S}\left(\frac{\partial c}{\partial u}\right)^2 = -\frac{E}{RR'} + e\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right),$$

$$(4) \qquad \mathbf{S}\left(\frac{\partial c}{\partial v}\right)^2 = -\frac{G}{RR'} + g\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right),$$

où la courbure totale et la courbure moyenne de la surface considérée interviennent de la même manière que dans la précédente.

Si l'on combine ensuite les relations (3), (2) et (4) de manière à en déduire le carré de l'élément linéaire de la sphère, on obtient la suivante :

$$(5) \qquad d\sigma^2 = -\frac{ds^2}{RR'} + (e\,du^2 + 2f\,du\,dv + g\,dv^2)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right),$$

qui donne, en particulier, le théorème d'Enneper sur la torsion des lignes asymptotiques.

Ces résultats, où l'on considère une surface quelconque S et la sphère de Gauss, s'étendent immédiatement au cas où cette sphère serait remplacée par une deuxième surface quelconque $S_1$. De là quelques théorèmes que, pour simplifier, nous réunissons dans un même énoncé :

« Si l'on établit entre deux surfaces quelconques une correspondance par plans tangents parallèles, et si, en outre, les deux systèmes de coordonnées $(u, v)$ se correspondent, les quatre expressions

$$(6) \quad \begin{cases} -\dfrac{E}{RR'} + e\left(\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{R'}\right), \quad -\dfrac{F}{RR'} + f\left(\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{R'}\right), \quad -\dfrac{G}{RR'} + g\left(\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{R'}\right), \\ -\dfrac{ds^2}{RR'} + (e\,du^2 + 2f\,du\,dv + g\,dv^2)\left(\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{R'}\right) \end{cases}$$

prennent chacune des valeurs égales en deux points correspondants quelconques de ces surfaces. »

Ces relations se simplifient beaucoup dans le cas des surfaces minima, et aussi quand la surface S est rapportée à ses lignes asymptotiques; elles permettent de retrouver intuitivement certains résultats connus, en montrant de quels théorèmes généraux ils sont des expressions particulières. On en a déjà vu un exemple plus haut, nous allons en donner brièvement quelques autres.

La formule (5) met en évidence ce fait que, sur une surface quelconque,

le rapport $\frac{d\sigma}{ds}$ varie en chaque point avec la direction de l'élément $ds$, et qu'il y a seulement exception pour les surfaces minima, où il reste égal, quelle que soit la direction considérée, à $\sqrt{\frac{-1}{RR'}}$, et ne varie que d'un point à un autre ; c'est donc là une propriété caractéristique de ces surfaces.

Quand S et $S_1$ sont toutes deux des surfaces minima, se correspondant par plans tangents parallèles, on a

$$\frac{E_1}{E} = \frac{F_1}{F} = \frac{G_1}{G} = \frac{R_1 R'_1}{RR'}; \tag{7}$$

il y a donc conservation des angles, comme dans le cas de la représentation sphérique des surfaces minima. En outre, si les courbures totales sont égales aux points correspondants, on voit que les deux surfaces sont applicables l'une sur l'autre, ce qui est une réciproque du théorème sur les surfaces minima associées.

D'autre part, quand la surface S est quelconque, mais rapportée à ses lignes asymptotiques, on a

$$e = g = 0 \quad \text{et} \quad f = \frac{2F}{R + R'}.$$

Si alors $S_1$ est une surface minima, il vient

$$ds^2 = (E_1\, du^2 + G_1\, dv^2 - 2F_1\, du\, dv)\frac{RR'}{R_1 R'_1}, \tag{8}$$

relation de même forme que celle donnée par M. Darboux (t. 4, p. 30) pour la représentation sphérique des lignes asymptotiques.

Ici s'est posée, en vue de l'interprétation concrète des résultats précédents, la question de savoir quelle est la grandeur géométrique représentée par l'expression

$$e\, du^2 + 2f\, du\, dv + g\, dv^2.$$

Je l'ai seulement étudiée dans le cas des surfaces à courbures opposées; on trouve alors

$$e\, du^2 + 2f\, du\, dv + g\, dv^2 = \pm \frac{(R - R')\, ds^2}{RR'} \sin\alpha \sin\alpha', \tag{9}$$

en désignant par $\alpha$ et $\alpha'$ les angles de l'élément $ds$ avec les directions asymptotiques. Le signe du second membre dépend du sens considéré comme positif sur la normale à la surface; j'indiquerai dans un Mémoire plus détaillé comment on doit le déterminer.

PHYSIQUE. — *Remarques sur la détente des vapeurs saturées.* Note de M. G. **Bruhat**, présentée par M. J. Violle.

Pente des adiabatiques en un point de la courbe de saturation. — Si C′ et $c'$ sont les chaleurs spécifiques du gaz, $p=f(v, \mathrm{T})$ son équation d'état, la pente de son adiabatique, donnée par les formules

(1) $$\mathrm{C}'\frac{\partial f}{\partial v}dv - c'\,dp = 0, \qquad \mathrm{C}'-c' = -\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{J}}\frac{\left(\dfrac{\partial f}{\partial \mathrm{T}}\right)^2}{\dfrac{\partial f}{\partial v}},$$

peut se mettre sous la forme

(2) $$\cot\beta = \frac{\partial v}{\partial p} = -\frac{\mathrm{J}c'}{\mathrm{T}\left(\dfrac{\partial f}{\partial \mathrm{T}}\right)^2 - \mathrm{J}c'\dfrac{\partial f}{\partial v}}.$$

La pente de l'adiabatique du mélange se déduit de la formule

(3) $$\frac{dv}{d\mathrm{T}} = -\frac{m'}{\mathrm{L}}(u'-u) + \frac{du'}{d\mathrm{T}}.$$

A l'aide des relations

(4) $$\mathrm{L} = \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{J}}(u'-u)\frac{dp}{d\mathrm{T}}, \qquad m' = c' + \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{J}}\frac{\partial f}{\partial \mathrm{T}}\frac{du'}{d\mathrm{T}}, \qquad \frac{dp}{d\mathrm{T}} = \frac{\partial f}{\partial \mathrm{T}} + \frac{\partial f}{\partial v}\frac{du'}{d\mathrm{T}},$$

elle peut se mettre sous la forme

(5) $$\cot\alpha = \frac{dv}{dp} = -\frac{1}{\left(\dfrac{dp}{d\mathrm{T}}\right)^2}\left[\frac{\mathrm{J}c'}{\mathrm{T}} - \frac{\partial f}{\partial v}\left(\frac{du'}{d\mathrm{T}}\right)^2\right].$$

De ces formules on déduit la réfraction de l'adiabatique

(6) $$\cot\beta - \cot\alpha = -\frac{\partial f}{\partial v}\frac{\left(\dfrac{\mathrm{J}c'}{\mathrm{T}} + \dfrac{\partial f}{\partial \mathrm{T}}\dfrac{du'}{d\mathrm{T}}\right)^2}{\left(\dfrac{dp}{d\mathrm{T}}\right)^2\left[\left(\dfrac{\partial f}{\partial \mathrm{T}}\right)^2 - \dfrac{\mathrm{J}c'}{\mathrm{T}}\dfrac{\partial f}{\partial v}\right]} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{T}}\frac{m'^2}{\mathrm{C}'\left(\dfrac{dp}{d\mathrm{T}}\right)^2}.$$

Comme $c'$ et C′ sont essentiellement positifs, et $\frac{\partial f}{\partial v}$ nécessairement négatif, *l'équation* (5) *montre que, dans la détente adiabatique de la vapeur saturée,* $\frac{dv}{dp}$ *est toujours négatif. L'équation* (6) *montre que, en valeur absolue, l'adiabatique du gaz fait toujours un angle plus petit avec l'axe des pressions que*

*l'adiabatique du mélange*. On sait que ces deux faits sont des conséquences des lois générales de la stabilité et du déplacement de l'équilibre [1].

ÉTUDE DE L'ADIABATIQUE CRITIQUE. — Au point critique, les formules (5) et (6) deviennent indéterminées, $\frac{\partial f}{\partial v}$ devenant nul, et $\frac{du'}{dT}$ infini. Cette indétermination peut se lever, en admettant que la fonction $f$, ses dérivées partielles, et la chaleur spécifique à volume constant $c'$ sont continues au point critique, et calculant à l'aide des développements en série par rapport à $\varepsilon = u' - 1$ [2]. On trouve, en supposant les valeurs critiques prises comme unités :

$$(7)\qquad \cot\alpha = -\frac{1}{\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)^2}\left[Jc - 3\frac{\left(\frac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial T}\right)^2}{\frac{\partial^3 f}{\partial v^3}}\right], \qquad \cot\beta = -\frac{Jc}{\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)^2};$$

$$(8)\qquad \cot\beta - \cot\alpha = -3\frac{\left(\frac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial T}\right)^2}{\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)^2\frac{\partial^3 f}{\partial v^3}}.$$

*L'adiabatique critique fait un angle fini avec la courbe de saturation et subit une réfraction finie* [3].

VALEUR DE $m'$ LOIN DU POINT CRITIQUE. — En assimilant la vapeur à un gaz parfait ($pv = RT$) de chaleurs spécifiques constantes, négligeant le volume du liquide, et employant les relations [4] :

$$(9)\qquad J(C' - c') = R, \qquad L = L_0 + C'T - \int_0^T C\,dT,$$

les relations (4) donnent :

$$(10)\qquad m' = C' - \frac{L}{T} = \frac{-L_0 + \int_0^T C\,dT}{T}.$$

---

(1) DUHEM, *Traité de Mécanique chimique*, Livre IV, Chap. V. — RAVEAU, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 767.

(2) BRUHAT, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1173.

(3) RAVEAU, *Journ. de Phys.*, 3e série, t. 1, 1892, p. 461. M. Raveau a également montré que la réfraction de l'adiabatique dépendait du fait que $\frac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial T}$ n'était pas nul (*Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1305).

(4) PLANCK, *Thermodynamique*, édit. franç., p. 277.

Pour $T = 0$, $m' = -\infty$; $m'$ croît avec T et s'annule pour $T = \theta$ si $\int_0^\theta C\,dT$ atteint la valeur $L_0$. On a alors $L_0 = C'\theta$.

Pour l'*anhydride sulfureux*, $\theta = 370,5$; $C' = 0,154$; $C'\theta = 57$; $L_0 = 58$.
Pour le *chloroforme*, $\theta = 352$ ; $C' = 0,157$; $C'\theta = 55$; $L_0 = 59$.

Si de plus on suppose C constant, la formule (10) donne :

$$m' = C\left(1 - \frac{\theta}{T}\right). \tag{11}$$

Pour le *benzène*, $C = 0,414$; $\theta = 374°$. On obtient :

| T | 273. | 343. | 413. | 483. |
|---|---|---|---|---|
| $m'$ calculé | $-0,155$ | $-0,037$ | $+0,039$ | $+0,093$ |
| $m'$ observé | $-0,155$ | $-0,038$ | $+0,048$ | $+0,014$ |

*On voit que la formule* (10) *représente bien la variation de m' jusqu'au voisinage du point d'inversion inférieur.*

Réfraction des adiabatiques aux très basses températures. — En y remplaçant $m'$ par $-\frac{L_0}{T}$ et $\frac{dp}{dT}$ par $\frac{JL_0}{Tu'}$, la formule (6) donne :

$$\cot\beta - \cot\alpha = \frac{u'^2}{JC'T} = \frac{u'}{p}\left(1 - \frac{c'}{C'}\right). \tag{12}$$

La pente de la courbe de saturation Γ est, à un infiniment petit près, celle de l'isotherme du gaz $\left(\cot\gamma = -\frac{u'}{p}\right)$; *l'angle de réfraction est du même ordre que l'angle de* Γ *et de* $Ov$. D'ailleurs l'adiabatique du mélange est symétrique de l'isotherme du gaz par rapport à Γ.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la propagation dans l'eau d'oscillations électriques entretenues, et sur la constante diélectrique de l'eau.* Note [1] de **M. M. Sauzin**, transmise par M. A. Blondel.

Les oscillations hertziennes non amorties, entretenues par une lampe à trois électrodes [2], donnent lieu à des phénomènes de résonance extrêmement nets qui permettent d'obtenir, lors des mesures de longueurs d'onde,

(1) Séance du 12 juillet 1920.

(2) White, *General Electric Review*, t. 19, 1916. — Gutton et Touly, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 271. — Balth van der Pol, *Philosophical Magazine*, t. 38, 1919.

une très grande précision. Toutes les complications qui résultent de l'amortissement disparaissent. J'ai utilisé ces oscillations pour la détermination de la constante diélectrique de l'eau.

Le circuit oscillant d'un appareil à ondes courtes, décrit par MM. Gutton et Touly, est couplé d'une façon très lâche, avec une ligne formée de deux fils de cuivre parallèles, de $1^{mm},5$ de diamètre, distants de $8^{cm}$, et reliés à leurs extrémités par deux points. Le pont le plus éloigné de l'appareil générateur d'oscillations est coupé par une soudure fer-constantan à fils de $0^{mm},5$. De part et d'autre de la soudure, ces fils sont reliés aux bornes d'un galvanomètre à cadre. Le pont disposé à l'origine de la ligne est parallèle à l'un des côtés du circuit oscillant générateur; il est coupé par un condensateur d'une capacité de $\frac{4}{1000}$ de microfarad. Cette capacité est assez grande pour transmettre intégralement les ondes de $444^{cm}$ et de $242^{cm}$ qui ont été utilisées. Elle évite que la soudure thermo-électrique soit mise en court circuit par la ligne et par ce pont.

Pour une longueur quelconque non résonante du rectangle formé par les fils de ligne et les ponts, les oscillations qui y sont induites conservent une intensité à peu près nulle et le galvanomètre ne dévie pas. Mais les longueurs de ligne pour lesquelles la résonance est réalisée, donnent lieu à une grande intensité d'oscillations qui permet de les déterminer à moins d'un millimètre près. Pour faire varier la longueur de la ligne et réaliser exactement la résonance, on dispose le pont portant la soudure entre les extrémités de deux tubes en laiton dans lesquels coulissent les fils de ligne. On trouve ainsi, successivement, une série de longueurs résonantes qui diffèrent entre elles d'une demi-longueur d'onde.

Il n'a pas été observé d'harmoniques dans les oscillations de générateurs d'ondes, fonctionnant dans les conditions de plus grande intensité, très près du couplage minimum entre les circuits de grille et de plaque (1).

L'appareil réglé à la résonance est si sensible à une modification de la vitesse de propagation, qu'on observe une très grande variation de l'intensité du courant dans le galvanomètre lorsqu'on place entre les fils une plaque de paraffine. Une feuille de papier approchée de la ligne accordée suffit déjà à produire un effet nettement visible.

Pour étudier la propagation dans l'eau, on a disposé la partie de la ligne la plus éloignée du générateur d'ondes dans une cuve en bois paraffinée, dont la largeur et la profondeur étaient $15^{cm}$. Ces dimensions sont suffi-

(1) Cf. GUTTON, *Revue générale de l'Électricité*, t. 5 et 6, 1919.

santes pour que la propagation ne soit pas troublée par l'approche d'une plaque métallique à l'extérieur de la cuve.

Pour éviter que la réflexion des ondes à l'entrée dans l'eau ne produise en avant de la cuve un système d'ondes stationnaires supplémentaire, on s'est toujours arrangé de telle sorte que les fils pénètrent dans l'eau en un point qui correspond à un ventre de courant. En ce point les fils de ligne étaient réunis par un troisième pont coupé par un condensateur d'une capacité de $\frac{1}{1000}$ de microfarad. On reconnaît que le réglage est réalisé exactement, lorsque l'intensité des oscillations pour les longueurs de ligne résonantes est maximum. La position à donner à la cuve pour satisfaire à cette condition se détermine au millimètre près.

La mesure des longueurs pour lesquelles la ligne est en résonance lors de la propagation dans l'air, puis lors de la propagation dans l'eau, fournit le rapport des longueurs d'ondes et par suite la constance diélectrique K de l'eau.

D'autre part, la mesure des intensités des oscillations pour les longueurs de ligne en résonance, permet d'obtenir l'amortissement dû à la conductivité $x$ de l'eau. Cet amortissement a toujours été trouvé trop faible pour pouvoir altérer la valeur de la longueur d'onde ; les internœuds successifs ont été trouvés égaux entre eux.

De la valeur trouvée pour le facteur d'amortissement $\alpha$, on déduit la conductivité de l'eau : $x$. L'expérience ne donne $x$ qu'avec peu de précision.

Les nombres trouvés dans une série d'expériences ont été les suivants :

| | |
|---|---|
| Demi-longueur d'onde des oscillations dans l'air............ | $\frac{\lambda}{2} = 221^{cm},8$ |
| Longueur des internœuds successifs dans l'eau distillée à 15.° | $26^{cm},1$<br>$26^{cm},1$<br>$25^{cm},9$ |
| Valeur moyenne de la demi-longueur d'onde dans l'eau..... | $\frac{\lambda'}{2} = 26$ |
| Constante diélectrique............................... | $K = 72,7$ |
| Coefficient d'amortissement............................ | $\alpha = 0,004$ |
| Conductivité (en unités électro-magnétiques et l'unité de résistance étant l'ohm)................................ | $x = 2.10^{-6}$ |

Trois autres séries d'expériences sur l'eau distillée ont donné les résultats suivants :

| $\frac{\lambda}{2}$. | $\frac{\lambda'}{2}$. | K. | $\alpha$. | $x$. |
|---|---|---|---|---|
| 222,5 | 25,9 | 73,7 | » | » |
| 121 | 14,2 | 72,6 | » | » |
| 121,2 | 14,1 | 73,7 | 0,003 | $1,8.10^{-6}$ |

Des mesures faites pour la mise au point des appareils avec de l'eau de Moselle des conduites de la ville de Nancy ont donné, comme constante diélectrique, 75. L'amortissement était plus grand : $\alpha = 0,007$.

La valeur trouvée pour la constante diélectrique de l'eau distillée est ainsi 73, à une unité près environ. Une telle précision ne peut être atteinte par l'emploi d'ondes amorties produites par des étincelles.

Cette valeur est plus faible que la valeur moyenne 80, généralement admise. Cette différence peut être attribuée non seulement à la plus grande précision des mesures, mais encore au fait que l'emploi des ondes entretenues permet d'opérer dans des champs électriques très faibles, or la constante diélectrique des isolants imparfaits ne paraît pas avoir une grandeur bien définie indépendante de l'intensité du champ (1). Cette question pourra être étudiée ultérieurement en se servant d'oscillations d'intensité encore plus faible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles recherches sur l'action des gaz extrêmement divisés.* Note de M. C. **Zenghelis**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une Note précédente (2) j'ai montré que, par l'extrême division des gaz, on peut arriver à des réactions très vives.

Après de nouvelles expériences, j'ai acquis la certitude de la justesse de l'explication alors donnée. J'ai étudié de plus près certaines réactions obtenues, notamment la réduction de l'anhydride carbonique par l'hydrogène. Je vais exposer ici les principaux résultats.

I. *Réduction de l'anhydride carbonique.* — J'ai opéré de la même façon que précédemment (3). L'hydrogène était purifié par une série de flacons laveurs contenant du bichromate de potasse acidulé, de la soude caustique

(1) Voigt, *Magneto-und Elektrooptik*, 1908, p. 359. — Ratnowsky, *Verh. d. d. Physik. Ges.*, 1913, p. 497. — Debye, *Phys. Zeits.*, t. 13, 1912, p. 97. — Gutton, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 621.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 883.

(3) *Loc. cit.*

et du nitrate d'argent. Les premiers distillats du produit de la réduction étaient examinés à froid avec une solution ammoniacale d'argent, préparée d'après Tollens, et avec la fuchsine décolorée par l'anhydride sulfureux. Quant à la formation du sucre, en plus des autres réactions (réduction de la solution ammoniacale, odeur de caramel), j'ai fait la réaction de l'osazone.

De ces expériences il résulte que l'eau bouillie et exempte d'oxygène, dans laquelle on fait agir un mélange d'anhydride carbonique et d'hydrogène, sous une légère pression, à la température ordinaire (20°-30°), se réduit en quelques heures, en formant surtout de l'aldéhyde formique, dont la plus grande partie se polymérise en sucre.

Les premiers distillats ont toujours réduit la solution ammoniacale et donné d'abord une légère coloration à la fuchsine décolorée, laquelle s'accentuait progressivement. Le résidu donna toujours la réaction de l'osazone et, fortement chauffé, répandait l'odeur du caramel.

On peut suivre la marche de la réaction par la vitesse des bulles d'hydrogène dans les flacons laveurs, qui représentent exactement l'hydrogène absorbé. Je m'assurais, avant chaque expérience, de la parfaite fermeture de l'appareil. Ainsi, dans une de ces expériences ($500^{cm^3}$ d'eau), une bulle d'hydrogène était absorbée toutes les 40 secondes environ le premier jour, toutes les minutes le deuxième jour, toutes les 120-150 secondes, et ainsi de suite. Le dixième jour, l'absorption a presque totalement cessé.

Dans une seconde expérience ($700^{cm^3}$ d'eau), une bulle d'hydrogène était absorbée chaque 40 secondes le premier jour, chaque minute le deuxième jour, chaque 120 secondes le troisième, chaque 180-210 secondes le sixième, chaque 15-18 minutes le dixième. Ceci prouve qu'il existe une limite vers laquelle tend la réaction dont l'équilibre chimique dépendrait surtout de la pression.

II. *Influence de la lumière.* — Cette réduction, à travers les pores du papier de diffusion, rappelle beaucoup la formation des hydrocarbures à travers les membranes de cellules des plantes. Cette dernière s'y accomplit seulement en présence de la lumière. Il était donc intéressant de chercher quelle pouvait être l'influence de la lumière dans notre cas.

J'ai donc fait une série d'expériences, autant que possible dans les mêmes conditions, en opérant pendant 8 heures en même temps : (A) à l'obscurité totale de la chambre noire ; (B) aux rayons intenses du soleil (15 juin), et (C) aux rayons ultraviolets. J'ai procédé, comme dans les autres cas, en me servant d'un ballon de $500^{cm^3}$ qui contenait $400^{cm^3}$ d'eau.

Pour les rayons ultraviolets je me suis servi d'un ballon en verre Uviol et d'une lampe à mercure. Les conditions étaient les mêmes, excepté la température. La température de l'eau de la chambre était 31°; la lampe à mercure, qui se trouvait tout près du ballon, chauffa peu à peu l'eau contenue, dont la température, à la fin de l'expérience, monta à 40°. C'est à cette même température que s'éleva peu à peu l'eau du ballon exposé au soleil, pour descendre à 37° à la fin de l'expérience (7$^h$).

C'est à cause de cela que je répétai le lendemain l'expérience de la chambre noire (*d*) en tenant l'eau du ballon à la température de 40°. Les résultats obtenus furent les suivants: dans les quatre cas, les premiers distillats donnèrent une légère réaction avec le réactif ammoniacal et la fuchsine.

Elles étaient toutes plus ou moins de la même intensité, sauf celle de l'eau du ballon (*b*) exposé aux rayons du soleil, qui donna la réaction de l'aldéhyde évidemment plus forte. Les résidus de distillation étaient aussitôt évaporés à sec dans un bain-marie, et chauffés dans des capsules en platine à 100° pendant une demi-heure, puis pesés.

*Poids des résidus.*

| | g |
|---|---|
| Ballon (*a*) exposé aux rayons ultraviolets............... | 0,0146 |
| » (*b*) » » du soleil.................... | 0,0096 |
| » (*c*) de la chambre noire à 31°.................... | 0,0014 |
| » (*d*) » » 40°.................... | 0,0019 |

Il résulte de ceci que les rayons lumineux, et surtout les rayons ultraviolets, favorisent et accélèrent beaucoup la réaction, qui se fait néanmoins, à l'obscurité totale. L'influence de la température ne vient qu'en second rang.

III. *Réduction de l'anhydride carbonique par l'hydrogène à l'état naissant.* — Dans ce sens j'ai d'abord travaillé avec une solution alcaline en décomposant l'eau à froid par le calcium métallique. Le calcium était partiellement enveloppé de paraffine, dans des tubes de verre très courts, de sorte que la réaction s'accomplissait lentement et régulièrement. De temps en temps, j'ajoutais de nouveaux tubes. L'hydroxyde de calcium, aussitôt formé, se transformait, par un courant continu d'anhydride carbonique, en bicarbonate. Le résidu, soumis à la distillation sèche, donna un distillat également acide, tandis que le résidu se décomposait en produisant des vapeurs noires et suffocantes.

J'ai constaté de l'acide formique dans le distillat et du formiate de calcium dans le résidu. En travaillant dans un milieu acide par la décomposition

du zinc par l'acide sulfurique $\frac{1}{20}$ N, j'ai obtenu très peu d'aldéhyde et aucun produit de polymérisation ou autre.

IV. *Action des gaz en solution.* — Quand un gaz se trouve en solution, il se dissémine sur une grande surface et par conséquent les chances d'un choc entre les corps agissants sont plus grandes. C'est justement pour cette cause que je suis parvenu à la synthèse de l'ammoniac, à partir de ses éléments, en travaillant dans une solution colloïdale de platine, de palladium, rhodium, etc. (1) à basse température.

J'ai donc essayé cette action dans les deux cas suivants :

A'. La réduction de l'anhydride carbonique par l'hydrogène dans les mêmes conditions que précédemment, mais en supprimant le corps poreux intermédiaire; c'est-à-dire par l'action directe de l'anhydride carbonique et de l'hydrogène dissous dans l'eau. J'ai obtenu absolument les mêmes produits; c'est-à-dire, l'aldéhyde et le sucre. L'intensité de la réaction n'était pas sensiblement plus faible.

B'. La synthèse de l'ammoniac. Un flacon de $11^l$ contenait $6^l$ d'un mélange de $3^{vol}$ d'hydrogène et $1^{vol}$ d'azote, et une solution d'acide sulfurique additionnée de $10^{cm}$ $\frac{1}{10}$ N par litre, qui communiquait avec un récipient placé $2^m$ plus haut. Le volume de gaz diminuait peu à peu par la formation de sulfate d'ammoniaque.

Après six jours je déterminai, par une distillation avec la potasse, l'ammoniaque produite; il se forma 5,3 $\frac{1}{10}$ N d'ammoniaque. Si l'on opère avec de l'eau non acidulée, on n'arrive qu'à des traces d'ammoniaque.

## CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le recuit du fer électrolytique.* Note (2) de M. **Jean Cournot**, transmise par M. Le Chatelier.

Différents auteurs ont signalé que le fer électrolytique contient, au sortir du bain d'électrolyse, des quantités importantes d'hydrogène que le recuit sépare aisément.

J'ai cherché à préciser les conditions de recuit nécessaire au départ de l'hydrogène, sachant, d'une part, que ce gaz forme un hydrure facile à déceler au microscope (3), et que la présence de ce constituant est accusée d'autre part par une augmentation de dureté.

(1) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 914.
(2) Séance du 12 juillet 1920.
(3) Guillet-Portevin.

Mes expériences ont été faites en faisant varier le temps et la température du recuit, et en opérant sur de petits échantillons carrés de $3^{cm}$ de côté, découpés dans une tôle de $6^{mm}$ d'épaisseur, obtenue directement au bain d'électrolyse. Les recuits ont été effectués soit en bains salins, soit dans un four chauffé au gaz; dans les deux cas, les résultats sont identiques et les courbes se raccordent parfaitement. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus dans l'essai de dureté (chiffre de Brinell, bille de $10^{mm}$, pression $1000^{kg}$) :

| Température des recuits. | Temps des recuits. 0'. | 10'. | 20'. | 40'. | $1^h$. | $2^h$. | $4^h$. | $6^h$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 650°......... | 164 | 161 | 160 | 161 | 159 | 155 | » | » |
| 750......... | 164 | 155 | 157 | 153 | 152 | 144 | 140 | 136 |
| 850......... | 164 | 135 | 120 | 115 | 107 | 95 | 92 | » |
| 950......... | 164 | 103 | 100 | 96 | 88 | 84 | » | » |
| 1050......... | 164 | 88 | 87 | 84 | 83 | 83 | » | » |

*Micrographie.* — Les divers échantillons, après recuit de 1 heure, ont été polis et attaqués, pendant 20 secondes, par la dissolution d'acide nitrique à 4 pour 100 dans l'alcool éthylique. D'une façon générale, on a une structure polyédrique, la grosseur des grains allant en croissant de l'état brut aux températures élevées de recuit. De plus, à l'état brut, on observe des macles à l'intérieur des grains; à 650° et 750°, ces macles s'effacent peu à peu pour disparaître tout à fait à 850° et aux températures supérieures.

Ces résultats montrent :

1° Une température de 950° après un temps de 2 heures, ou de 1050° après un temps de 1 heure, est nécessaire pour obtenir le recuit complet.

2° A une température d'au plus 850°, le recuit n'est jamais complet, même lorsque la durée de l'opération atteint 4 heures.

3° La structure caractéristique de la présence de l'hydrure existe encore après recuit à 650° et 750°; mais elle disparaît après un recuit de 1 heure à 850°, bien que cependant la dureté n'ait pas atteint son minimum.

De nouvelles expériences permettront sans doute de préciser la relation exacte entre la structure et le recuit complet.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques nouvelles recherches sur les laitons spéciaux.* Note (¹) de M. L. **Guillet**, transmise par M. Le Chatelier.

Les recherches que je poursuis depuis de nombreuses années sur la question des laitons spéciaux et qui ont déjà fait l'objet de plusieurs Notes (²), m'ont conduit à quelques résultats nouveaux que je me propose de résumer brièvement :

*Laitons au cobalt.* — Il était intéressant de rapprocher le rôle du cobalt de celui du nickel. On sait déjà que ces éléments ne se comportent pas du tout de la même façon vis-à-vis des alliages fer-carbone.

Le cobalt n'entre en solution dans les constituants normaux des alliages cuivre-zinc que dans une faible proportion ; il s'isole ensuite sous forme d'une des solutions solides que l'on rencontre dans les alliages cuivre-cobalt.

Lorsque la constitution est normale, on note un titre fictif nettement supérieur au titre réel; mais la valeur du coefficient d'équivalence varie dans des limites assez larges de —0,1 à —1,5.

Voici quelques propriétés intéressantes de ces alliages (³) :

| Composition. | | Titre fictif. | Essai de traction. | | | Essai de choc. | | Essai de dureté. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cu. | Co. | Cu p. 100. | R. | A p. 100. | Σ. | ρ. | Angle. | Δ. |
| 60,34 | 0,64 | 61 | 32,8 | 49,0 | 57,5 | 13,1 | 106 | 72 |
| 60,50 | 2,27 | 62 | 31,2 | 57,0 | 54,6 | 11,5 | 116 | 71 |
| 60,48 | 4,81 | 62 (⁴) | 33,3 | 38,0 | 37,7 | 7,5 | 150 | 107 |
| 55,46 | 0,78 | 56,5 | 37,7 | 16,0 | 30,7 | 9,0 | 138 | 117 |
| 55,63 | 2,42 | 59 | 40,6 | 32,0 | 38,9 | 11,2 | 134 | 104 |
| 55,46 | 4,98 | 61 | 44,6 | 39,0 | 54,6 | 14,0 | 140 | 125 |

On retrouve encore ici l'influence nocive du constituant spécial et la relation entre le titre fictif et les propriétés mécaniques. Toutefois, celles-ci ne sont pas supérieures à celles des laitons au nickel et les laitons au cobalt ne peuvent intéresser l'industrie.

---

(¹) Séance du 12 juillet 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. **143**, 1906, p. 1047; t. **155**, 1912, p. 1512; t. **170**, 1920, p. 460.

(³) Déterminées dans les mêmes conditions que les propriétés mécaniques indiquées dans les Notes précédentes.

(⁴) 62 + constituant spécial.

*Laitons au chrome.* — Depuis fort longtemps, je me préoccupe de trouver une méthode d'introduction du chrome dans les alliages de cuivre. Ces corps sont partiellement non miscibles à l'état liquide et totalement non miscibles à l'état solide.

Les alliages de nickel et de chrome, devenus industriels pendant la guerre, sont formés d'une seule solution solide; de plus, leur liquidus présente un minimum assez accusé (température de 1290°). J'ai donc cherché à introduire le chrome au moyen d'alliages de nickel et de chrome préparés au four électrique. Les résultats sont à peu près négatifs, une partie du chrome entre bien en solution dans les constituants des laitons, mais une autre partie forme un constituant spécial, probablement du chrome métal, lequel diminue la valeur du métal, comme le prouve le résultat suivant :

L'alliage a pour composition :

$$Cu = 53,6; \quad Zn = 37,8; \quad Ni = 5,9;$$
$$Cr \text{ (soluble dans } AzO^3H) = 0,32; \quad Cr \text{ insoluble} = 1,20.$$
$$R = 28,3; \quad A \text{ pour } 100 = 13; \quad \Sigma = 16,8; \quad \rho = 12,5; \quad \Delta = 89;$$
$$\text{micrographie : } Cu = 61,5 + \text{constituant spécial.}$$

*Laitons à l'argent et à l'or.* — J'ai montré précédemment que les métaux donnant un titre fictif supérieur au titre réel formaient avec le cuivre des solutions plus étendues que la solution $\alpha$ des alliages cuivre et zinc. Il était intéressant de voir, d'une part, l'action de l'argent qui forme une solution très peu étendue avec le cuivre, et, d'autre part, l'action de l'or qui donne, avec le cuivre, une solution variant de 0 à 100 pour 100.

Les quelques expériences faites montrent bien la différence d'action des deux métaux :

En effet, un laiton ayant pour composition

$$Cu = 57,26; \quad Zn = 41,07; \quad Ag = 1,67,$$

a pour titre fictif 58;

$$Cu = 56,13; \quad Zn = 42,80; \quad Au = 1,07,$$

a pour titre fictif 57,5.

L'argent n'a donc pas d'action très prononcée sur la structure de l'alliage.

L'or, au contraire, donne donc un titre fictif nettement supérieur au titre réel.

CHIMIE MINÉRALE. — *Oxydation de l'anhydride arsénieux en milieu alcalin en présence de sulfate ferreux.* Note de M. G. **Gire**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Manchot et Glaser [1] ont étudié l'influence du sulfate ferreux sur l'oxydation de l'anhydride arsénieux en milieu alcalin. Ces auteurs ont prétendu que le mélange $As^2O^3 + KOH + SO^4Fe$ fixe à peu près le double de l'oxygène nécessaire au passage de l'état ferreux à l'état ferrique.

Nous avons cherché à déterminer dans l'oxydation de tels systèmes, l'influence de l'alcalinité du milieu et de la teneur en fer.

$40^{cm^3}$ du mélange à étudier étaient mis en présence d'oxygène libre, à pression constante, dans un récipient de $175^{cm^3}$ communiquant avec une burette graduée remplie d'oxygène et immergée dans l'eau. Pour chaque volume de gaz absorbé un même volume d'eau pénètre dans la burette par un tube capillaire placé à sa partie supérieure [2]. L'oxydation était ainsi suivie de minute en minute.

Le mélange était régulièrement agité par un mouvement de translation entretenu électriquement (150 déplacements doubles à la minute).

Les solutions alcalines d'anhydride arsénieux s'oxydent à l'air libre. Dans chaque expérience nous avons suivi parallèlement l'oxydation de la solution arsénieuse en présence de sels ferreux et de la solution arsénieuse seule.

L'oxydation due au fer est très rapide (3 à 5 minutes), quand elle est terminée l'oxydation ultérieure devient alors identique à celle de la solution arsénieuse seule.

Chaque solution à oxyder, représentant toujours $40^{cm^3}$, contenait 21 millimolécules de $As^2O^3$ et 0,5 milliatome de fer avec des teneurs croissantes en soude exprimées dans le Tableau suivant. L'oxydation était conduite pendant un quart d'heure et de l'oxygène total disparu était retranché celui absorbé pendant le même temps par la solution arsénieuse sans fer.

| Soude en millimolécules. | Oxygène absorbé en milliatomes. | Oxygène nécessaire pour $Fe^2O^3$ en milliatomes |
|---|---|---|
| 30,75 | 0,57 | 0,25 |
| 38,25 | 0,45 | 0,25 |
| 42 ($As^2O^3$, $Na^2O$) | 0,42 | 0,25 |
| 53,25 | 0,37 | 0,25 |
| 69,5 | 0,40 | 0,25 |

(1) Manchot et Glaser, *Zeit. für anorg. Chem.*, t. 27, p. 240.

(2) Ce dispositif est à peu près celui employé par Manchot.

| Soude en millimolécules. | Oxygène absorbé en milliatomes. | Oxygène nécessaire pour $Fe^2O^3$ en milliatomes. |
|---|---|---|
| 77 | 0,52 | 0,25 |
| 84 ($As^2O^3$, $2Na^2O$) | 0,60 | 0,25 |
| 107 | 0,60 | 0,25 |
| 114,5 | 0,62 | 0,25 |
| 144,5 | 0,65 | 0,25 |
| 182 | 0,65 | 0,25 |
| 219,5 | 0,65 | 0,25 |

La quantité d'oxygène absorbé passe par un minimum pour une teneur en soude un peu supérieure à celle correspondant à l'arsénite monobasique ($As^2O^3$, $Na^2O$). Ce minimum est inférieur au double de l'oxygène nécessaire pour passer au stade ferrique (0,37 au lieu de 0,50) (¹).

Pour le mélange correspondant à l'anhydride bibasique, le double oxygène est nettement dépassé (0,60 au lieu de 0,50). A ce moment la variation de l'alcalinité n'a plus qu'une influence très faible, qui devient nulle à partir d'une teneur de 144,5 millimolécules de soude.

Il semble que l'oxydation soit en relation avec la nature des sels formés par le mélange $As^2O^3$ et NaOH en différentes proportions.

D'autre part, dans les liqueurs obtenues, le fer est masqué à ses réactifs habituels; on est donc en présence de corps complexes, vert clair pour de basses teneurs en soude, puis jaunes et enfin rougeâtres pour le mélange correspondant à l'arsénite bibasique. Pour des teneurs en soude supérieures le complexe s'hydrolyse, l'hydrate ferrique se dépose d'autant plus abondamment et rapidement que la teneur en soude est plus grande. Cette décomposition marque l'oxydation maxima du mélange.

Nous avons également fait varier la teneur en fer du mélange et cela pour des teneurs en soude différentes : 69,5, 84 et 219,5 millimolécules. Le mélange contenait toujours 21 millimolécules d'anhydride arsénieux.

Voici quelques résultats obtenus dans les deux premiers cas :

$As^2O^3 = 21$ millimolécules, $NaOH = 69,5$ millimolécules.

| Fer en milliatomes. | Oxygène absorbé en milliatomes. | Oxygène pour $Fe^2O^3$ en milliatomes. |
|---|---|---|
| 0,1 | 0,13 | 0,05 |
| 0,2 | 0,18 | 0,1 |
| 0,3 | 0,22 | 0,15 |
| 0,4 | 0,31 | 0,2 |

(¹) La précision de la mesure est de 0,01 milliatome d'oxygène.

| Fer en milliatomes. | Oxygène absorbé en milliatomes. | Oxygène pour $Fe^2O^3$ en milliatomes. |
|---|---|---|
| 0,5 | 0,40 | 0,25 |
| 0,7 | 0,48 | 0,35 |
| 1 | 0,64 | 0,5 |
| 1,5 | 0,91 | 0,75 |
| 2 | 1,2 | 1 |

$As^2O^3 = 21$ millimolécules, $NaOH = 84$ millimolécules (arsénite bibasique).

| Fer en milliatomes. | Oxygène absorbé en milliatomes. | Oxygène pour $Fe^2O^3$ en milliatomes. |
|---|---|---|
| 0,2 | 0,32 | 0,1 |
| 0,3 | 0,38 | 0,15 |
| 0,4 | 0,49 | 0,2 |
| 0,5 | 0,60 | 0,25 |

La quantité de l'oxygène absorbé est proportionnelle à la quantité de fer. Le coefficient de proportionnalité étant défini par la teneur en soude.

Dans aucun cas cependant, même pour les mélanges où l'oxydation dépasse $1^{at}$ d'oyygène pour $1^{at}$ de fer, ce coefficient n'est supérieur à 1 (coefficient qui caractériserait, pour chaque teneur en fer, la fixation d'une quantité d'oxygène double de celle nécessaire pour atteindre le stade ferrique).

Le stade ferrique est toujours dépassé. Est-ce en vertu d'une oxydation secondaire due à la formation d'un peroxyde intermédiaire?

Manchot le prétend et admet la formation de $FeO^2$ instable. N'ayant fait varier l'alcalinité et la teneur en fer que dans des limites très restreintes, ses résultats permettent cette interprétation qui ne semble pas conciliable avec les chiffres que nous avons obtenus.

Le complexe formé s'oxyderait-il en une seule fois, la quantité d'oxygène absorbé variant avec la composition de ce complexe? C'est une opinion que seule une étude systématique de ces complexes pourrait confirmer.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *L'acide iodique réactif microchimique caractéristique de l'ammoniac gazeux*. Note (¹) de M. **Georges Denigès**, présentée par M. Charles Moureu.

Tandis que l'acide iodique insolubilise les solutions, même très diluées, des sels de la série calcique, en formant, comme nous l'avons montré ([2]), des iodates spontanément cristallisés et fort peu solubles, ce n'est qu'avec des solutions très concentrées des sels du groupe du potassium qu'il peut amener des précipitations d'iodates, d'ailleurs aussi cristallisés, mais dont la formation, sauf dans des cas très particuliers d'identification de sels solides, ne peut être utilement appliquée à la microchimie.

Il en est de même avec les sels d'ammonium, dont le chlorure, par exemple, et grâce à une sursaturation très opiniâtre de l'iodate correspondant (cependant peu soluble), ne fournit de précipité cristallin par mélange d'acide iodique avec sa solution que lorsque la teneur en sel de cette dernière atteint, au moins, 15 à 20 pour 100.

Au contraire, le même réactif iodique, mis en présence de quantités extrêmement faibles de gaz ammoniac, produit immédiatement des cristaux quadratiques, aplatis, agissant sur la lumière polarisée, d'iodate d'ammonium. C'est ainsi qu'une gouttelette très minime d'une solution d'acide iodique à 10 pour 100 (concentration la plus favorable), exposée pendant quelques secondes à peine au-dessus du goulot débouché d'un flacon d'ammoniaque des laboratoires, se recouvre aussitôt d'un enduit de ces cristaux, très facilement reconnaissables au microscope lorsqu'on les y examine après avoir porté la gouttelette sur une lame de verre.

La figure ci-après reproduit l'aspect de ces cristaux.

La réaction est caractéristique [aucune amine volatile ([3]) ne la donnant], elle est immédiatement applicable ; de plus, elle est très sensible.

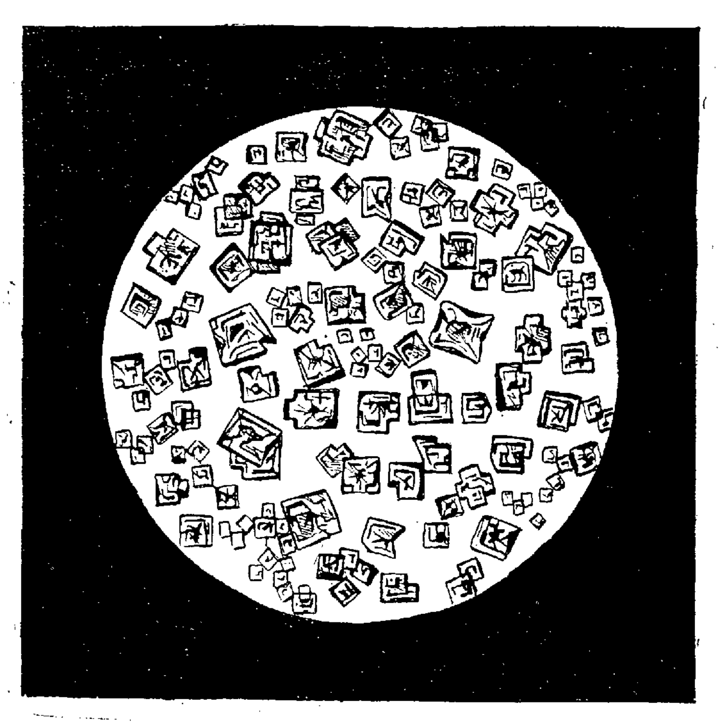
---

([1]) Séance du 5 juillet 1920.

([2]) G. Denigès, *L'acide iodique réactif microchimique des combinaisons solubles et insolubles du calcium, du strontium et du baryum* (*Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 996).

([3]) Nous avons trouvé, au contraire, qu'en milieu neutre, l'iodate de sodium à 10 pour 100 donnait des combinaisons spontanément cristallisées et de formes toute spéciales avec des amines primaires, notamment la monométhylamine, qui fournit ainsi de longues aiguilles, le plus souvent groupées autour d'un centre commun.

Lorsqu'on veut l'employer à la recherche et à l'identification de l'ammoniaque salifiée, dans une solution, une eau potable, etc., on en évapore une certaine quantité à un petit volume ($1^{cm^3}$ par exemple) qu'on introduit, avec $0^g,50$ de magnésie calcinée, dans un tube de verre court ($3^{cm}$ à $4^{cm}$ au plus de longueur) de $15^{mm}$ à $16^{mm}$ de diamètre et à rebords évasés, de façon à pouvoir le faire tenir droit dans un poudrier dont le goulot permette son introduction mais non le passage de son orifice et fasse ainsi office



Cristaux d'iodate d'ammonium.

de support. D'autre part, on dépose avec un agitateur, sur le milieu d'une lame de verre porte-objet, une fine gouttelette ne dépassant pas $2^{mm}$ à $3^{mm}$ de diamètre, et plutôt à ménisque aplati que trop convexe, de réactif iodique, et l'on couvre le tube avec cette lame, la gouttelette regardant l'axe de ce tube. On abandonne le tout à lui-même pendant un certain temps et on l'examine au microscope.

Quand le résidu liquide soumis à l'essai renferme $1^{mg}$ seulement d'ammoniaque salifiée, des cristaux apparaissent en quelques minutes; en moins d'une demi-heure avec $0^{mg},2$, au bout d'une heure environ avec $0^{mg},1$. Dans ces divers cas, les cristaux se forment d'abord et surtout sur les bords de la gouttelette.

Bien que, par ses propriétés cristallographiques, identiques à celles que Marignac a décrites (1), il fût déjà certain que le sel ainsi obtenu était bien l'iodate neutre

(1) Marignac, *An. Min.*, 5e série, t. 9, 1856, p. 1.

$IO^3NH^4$, il nous a paru utile de nous assurer, vu les conditions de formation de nos cristaux en présence d'un grand excès d'acide iodique, qu'il ne s'agissait ni du biiodate, ni du triiodate de Ditte (1) et Blomstrand (2). Or, les préparations massives que nous avons faites de nos cristaux, soit en milieu rigoureusement neutre, soit en présence d'un excès d'acide iodique ou d'ammoniaque, nous ont toujours conduit aux mêmes formes quadratiques et à une composition chimique coïncidant exactement avec la formule $IO^3NH^4$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'incineration des matières organiques en vue de l'analyse des éléments minéraux qu'elles contiennent; application à l'analyse du sang*. Note de MM. **A. Desgrez** et **J. Meunier**, présentée par M. Moureu.

L'incinération des matières organiques s'effectue, dans la plupart des laboratoires, au moyen de fours à moufle chauffés au gaz ou au coke; c'est ainsi que les analystes procèdent pour détruire les filtres et calciner les précipités recueillis pour les dosages. Nos études particulières du mécanisme de la combustion nous ont conduits à modifier cette manière de faire et à adopter un procédé qui, mis entre les mains de nos élèves non encore exercés, leur permet d'obtenir d'excellents résultats.

L'incinération comporte deux phases : la première est celle où les matières volatiles se dégagent et brûlent sous forme de flamme, en laissant un résidu charbonneux ou coke; la seconde est celle de la combustion de ce résidu, par incandescence. Cette seconde phase est la plus délicate; sa réussite dépend de la température à laquelle la première a été effectuée. Il est essentiel de ne pas chauffer ou de ne chauffer que le moins possible, tant que la flamme se produit. Le filtre desséché, disposé sur le récipient, capsule ou creuset, où l'incinération doit avoir lieu, étant simplement enflammé, on écarte la lampe tant qu'il y a flamme, et l'on soulève au besoin la matière enflammée un peu au-dessus du récipient, pour permettre l'accès de l'air. Ordinairement, quand la flamme s'est éteinte, on voit l'incandescence se propager sur le résidu charbonneux, on laisse ce phénomène s'achever et l'on ne chauffe qu'ensuite à la lampe, le récipient étant penché de telle sorte que l'ouverture soit tout à fait en dehors de la flamme; autrement, l'accès de l'air comburant serait fermé. Les goudrons qui se

(1) Ditte, *Ann. de Ch. et de Phys.*, 6e série, t. 21, 1890, p. 147.
(2) Blomstrand, *J. prakt. Chem.*, 2e série, t. 40, 1889, p. 335.

sont déposés sur la paroi intérieure du récipient se consument progressivement et laissent celle-ci absolument nette, bien avant qu'elle ait atteint la température du rouge naissant; de même, les parcelles charbonneuses deviennent brusquement incandescentes et, en s'éteignant, laissent un squelette de cendres blanches.

Les propriétés catalytiques de ce charbon obtenu à basse température se montrent ainsi d'une manière certaine; c'est-à-dire qu'il attire mécaniquement l'oxygène qui l'entoure, tout comme le platine ou le cuivre, préparé dans les conditions que nous avons indiquées, attirent les mélanges gazeux et manifestent l'incandescence. Cette propriété catalytique est altérée et plus ou moins annihilée par la présence de certains sels, les sels alcalins et ammoniacaux en particulier, avivée au contraire par d'autres, spécialement par le sulfate de chaux en petite quantité ([1]). Il est donc essentiel, tous les analystes l'ont reconnu, d'éliminer à fond, par des lavages, les sels alcalins qui, employés comme réactifs, imprègnent les filtres, pour que ceux-ci brûlent facilement.

Nous avons généralisé ces principes en les appliquant à l'incinération des matières d'origine animale. Nous avons opéré d'abord sur le sang, aussi bien sur le sérum que sur le sang total du cheval. Ces liquides sont disposés en couches minces sur des assiettes ou sur des plats bien dégraissés et placés sur le bain-marie pour l'évaporation. La coagulation se produit et la matière, quand elle est sèche, se détache par plaques. Après l'avoir concassée, on l'incinère dans une capsule de porcelaine ou même dans un têt, moins susceptible de se briser, en procédant comme il suit. Sur la surface du produit, on dirige un jet de chalumeau qui détermine l'inflammation et le boursouflement de la couche supérieure. La matière étant mauvaise conductrice de la chaleur, cette couche se soulève et se détache de la couche sous-jacente, qui demeure à une température plus basse. Il en résulte un charbon poreux, léger, que l'on enlève d'une pièce. La matière qui se trouvait au-dessous, ainsi mise à nu, apparaît comme un goudron, en partie fondue. On l'enflamme par un nouveau jet de chalumeau et ces opérations sont continuées jusqu'à ce que le récipient soit vide.

Le charbon volumineux, tassé dans une capsule de porcelaine, est chauffé modérément sur un fourneau à gaz ordinaire. Il suffit que le fond de la capsule atteigne une température qui n'est guère supérieure à 300°, pour qu'à l'intérieur, la masse charbonneuse devienne incandescente et brûle

([1]) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 924; t. 152, 1911, p. 194.

spontanément, tandis que la surface, refroidie par le contact de l'air, reste noire. Plus la masse est considérable, mieux se font les opérations ci-dessus, et mieux se manifeste la propriété catalytique du charbon obtenu à basse température.

Les cendres du sang ou du sérum sont riches en sels alcalins; par suite, il est indiqué, quand la combustion catalytique se ralentit, de lessiver, à l'eau chaude, la masse encore charbonneuse. La presque totalité des sels solubles dans l'eau se sépare ainsi, et la solution évaporée fournit successivement des cristaux de chlorures, carbonates, sulfates et phosphates alcalins sur l'étude desquels nous reviendrons.

Le résidu charbonneux, recueilli pour sa séparation sur un filtre à vide, est desséché et incinéré comme ci-dessus dans une capsule de porcelaine; l'incinération est bientôt complète. Les cendres contiennent quelques traces de sels solubles, éliminables par l'eau. Dans le cas du sang total, elles sont en majeure partie formées d'oxyde de fer, de phosphates de calcium, de magnésium, etc., de silice et d'un peu d'alumine. Ces substances, sauf l'oxyde de fer, se retrouvent dans le sérum. Pour $1^{kg}$ de sang total, nous avons trouvé $1^{g},130$ d'insoluble, tandis que pour $1^{kg}$ de sérum, nous n'avons eu que $0^{g},450$. La différence est due à l'oxyde de fer, dont la quantité correspond à $0^{g},475$ environ de fer métal par kilogramme de sang.

Sans indiquer en détail les résultats de l'analyse, nous tenons à signaler la présence du *cuivre*, du *manganèse* et du *lithium* dans le sang de cheval, éléments que nos analyses mettent hors de doute. Le cuivre est séparé à l'état de sulfure et la proportion en est de $1^{mg}$ à $2^{mg}$ par kilogramme de sérum.

Le manganèse est caractérisé, de la manière la plus évidente, sous forme d'acide permanganique, la proportion par kilogramme en est de quelques centièmes de milligramme seulement. Enfin, le lithium est caractérisé par ses raies rouges $\lambda\, 670^{\mu}$ et $\lambda\, 611^{\mu}$, qui sont obtenues sur les spectrogrammes, en même temps que les raies de Na et de K. Nous employons pour cela la méthode d'entraînement dans la flamme de l'hydrogène que nous avons décrite ailleurs, et qui nous permettra de fixer très approximativement la proportion du Li à celles des deux autres alcalins, déterminables par des dosages directs.

En résumé, la méthode que nous venons de décrire permet d'incinérer, avec le matériel le plus ordinaire, des quantités de matière aussi considérables que l'on veut, ce qui présente de grandes difficultés pratiques par les autres méthodes. A la basse température où elle a lieu, il ne se produit

pas de réaction des substances minérales entre elles, telle que la formation des silicates ou silico-phosphates dans lesquels les éléments existant en petite quantité sont masqués. Enfin, elle est d'une exécution rapide et peu absorbante ; et par elle nous comptons pouvoir rechercher s'il n'existe pas dans le sang d'autres éléments que ceux que nous venons signaler et reconnaître comment ils se localisent et se séparent. Nous l'appliquerons également à l'étude d'autres sangs et, d'une manière générale, à celle des tissus normaux ou pathologiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveaux éléments catalytiques pour la transformation des combinaisons diazotées.* Note de MM. **A. Korczyński**, **W. Mroziński** et **W. Vielau**, présentée par M. A. Haller.

La réaction de Sandmeyer n'a pas encore été exactement examinée étant donnée son importance. On s'est surtout trop peu occupé du catalysateur. Hantzsch [1] a réussi à saisir à une basse température la combinaison du bromure de diazobenzène avec le bromure de cuivre

$$(Cu^2Br^2)\,C^6H^5N^2Br.CuBr$$

et dans les mêmes conditions Waentig et Thomas [2] ont obtenu la combinaison du chlorure de diazobenzène avec le chlorure cuivreux. Le mécanisme de la décomposition de la combinaison diazotée s'explique de la manière suivante :

Le catalysateur, qui est, dans ce cas, le chlorure ou le bromure cuivreux, s'unit à la combinaison diazotée en provoquant la décomposition du chlorure ou du bromure de diazobenzène suivant le schéma suivant :

$$
\begin{array}{ccc}
C^6H^5 & & Cl \\
| & & | \\
N\equiv N & + & | \\
| & & | \\
Cl & & Cu
\end{array}
\rightarrow
\begin{array}{ccc}
C^6H^5 & & Cl \\
| & & | \\
N & \equiv & N \\
| & & | \\
Cl & & Cu
\end{array}
\rightarrow
\begin{array}{ccc}
C^6H^5 & & Cl \\
| & & | \\
N & = & N \\
\cdots & \cdots & \cdots \\
 & CuCl &
\end{array}
\rightarrow
\begin{array}{c}
C^6H^5Cl \\
\cdots\cdots \\
N^2 \\
\cdots\cdots \\
CuCl
\end{array}
$$

De semblables combinaisons seraient obtenues par l'introduction d'autres groupes tels que CN, SCN, etc.

Hantzsch [3] s'est déjà préoccupé de savoir si le cuivre seul possède une

(1) *Berichte d. d. chem. Gesellschaft*, t. 33, p. 2544.
(2) *Berichte d. d. chem. Gesellschaft*, t. 46, p. 3923.
(3) *Berichte d. d. chem. Gesellschaft*, t. 28, p. 1734.

action spécifique dans cette réaction, et il a examiné les effets des chlorures d'or (Au Cl) et de mercure Hg Cl comme étant, à son avis, des combinaisons analogues au chlorure cuivreux. Il est arrivé à la conclusion que seuls les sels de cuivre peuvent déterminer la réaction de Sandmeyer.

En partant du principe que l'action catalytique serait dans ce cas une fonction du poids atomique, nous avons employé dans nos recherches les sels des métaux dont les poids atomiques diffèrent peu de celui du cuivre, par conséquent les sels de fer, de cobalt, de nickel et de zinc, nous proposant ensuite d'étendre ces recherches sur les corps dont les poids atomiques sont exprimés par des nombres égaux à un multiple entier des poids atomiques des métaux cités plus haut. Nous avons constaté que le cobalt et le nickel ainsi que leurs sels sont aptes à remplacer les sels de cuivre; toutefois l'action de ces corps montre une certaine gradation.

Ainsi, par exemple, le cyanure double de potassium et de nickel détermine facilement la formation des nitriles, à la température de l'eau bouillante, avec un rendement presque égal à celui de cyanure double de potassium et de cuivre. Nous avons ainsi obtenu le benzonitrile, le paratolunitrile et le parabromobenzonitrile; mais nous avons constaté que le cobalt n'est pas apte à donner cette réaction.

Par contre, le cobalt est un médiateur parfait pour la transformation de la combinaison diazotée en rhodanure. Dans ce dernier cas, nous avons réussi à séparer la combinaison double du rhodanure de cobalt et de diazobenzène, analogue aux combinaisons moléculaires du chlorure ou de bromure déjà mentionnées avec les sels de diazobenzène. Ce rhodanure manifeste une stabilité beaucoup plus grande que ces derniers et fournit par suite des résultats plus exacts à l'analyse. On peut expliquer ce phénomène par l'aptitude spéciale que possède le cobalt à former des combinaisons moléculaires. On obtient cette combinaison de la manière suivante :

On dissout une molécule-gramme d'aniline dans une quantité calculée d'acide chlorhydrique dilué, ou la diazote à 0° avec $NO^2Na$, puis on verse la liqueur dans une solution refroidie d'une molécule-gramme de chlorure de cobalt $CoCl^2$ et de trois molécules-grammes de rhodanure de potassium. La poudre cristalline, d'un vert de malachite, qui se sépare, est recueillie sur filtre, séchée rapidement sur des plaques froides d'argile poreuse et dans l'exsiccateur à 0°.

L'analyse a fourni des chiffres correspondant à la formule

$$[C^6H^5N^2SCN]^2 Co [SCN]^2.$$

Le restant du dépôt formé est distillé dans un courant de vapeurs d'eau

et finalement épuisé avec de l'éther. Après dessiccation de la solution éthérée sur du chlorure de calcium et élimination du solvant on obtient le rhodanure qui passe entre 230° et 235°.

Le rhodanobenzène bout à la température de 232°-233° (¹).

En employant le sel de cobalt le rendement est meilleur qu'avec le sel de cuivre. On a exécuté la même opération avec le sel de nickel. Le rendement est alors plus petit qu'avec le cuivre; on ne peut non plus saisir la combinaison moléculaire du catalysateur avec le composé diazoté.

La transformation du chlorure et du bromure de diazobenzène en chlorbenzène et en brombenzène a lieu aussi par l'emploi des halogénures de Ni et de Co, bien qu'avec un très faible rendement. Elle se réalise seulement à la température de l'eau bouillante et donne 10 pour 100 de composé halogéné.

On sait que si dans une solution de chlorure du diazobenzéne, nous versons une solution de chlorure de cuivre, c'est-à-dire nous exécutons une opération inverse à la réaction de Sandmeyer, il se forme, à côté du chlorbenzène, du diphényle. Nous avons constaté que dans ces conditions ni le nickel ni le cobalt ne provoquent la formation du diphényle.

Parmi les autres sels métalliques employés dans nos recherches (sels de zinc et de fer) aucun d'eux n'a révélé d'action catalytique.

Toutefois, en employant les sels d'uranium, nous avons obtenu de petites quantités de certains produits, dont nous rendrons compte dans un travail ultérieur. Le fait que les sels d'uranium produisent des actions semblables à celles décrites plus haut nous a conduits à la conclusion, qu'il existe une relation entre le poids atomique du métal et l'activité catalytique de leurs sels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau colorant indigoïde, le* 5-[*dioxy*-2.4-*pyrimidine*]-2-*indolindigo*. Note de MM. **J. Martinet** et **O. Dornier**, présentée par M. A. Haller.

L'alloxane (I) possède un système de trois doubles liaisons conjuguées croisées. On sait que, si trois atomes consécutifs sont tels qu'à chacun d'eux aboutit une double liaison et une seule, l'ensemble forme un système de doubles liaisons conjuguées croisées. Dans un tel système, la double liaison médiane représente un point particulier de non-saturation; elle a, par suite, une grande aptitude réactionnelle qui se manifeste dans la formation d'hy-

(¹) Söderböck, *Annalen d. Chemie*, t. 419, p. 217.

drates et de nombreux composés de condensation à partir de l'alloxane, des éthers mésoxaliques, dicétobutyriques, etc.

Nous avons donc pensé que l'alloxane se condenserait facilement avec l'indoxyle à la manière des isatines. En fait, nous avons obtenu un indigoïde auquel nous attribuons la formule (II), et qui présente des analogies avec les indirubines :

```
        H                        H
        |                        |
       ,N —— C = O              ,N —— C = O   O = C
      /      |                 /      |           |
O = C<       C = O       O = C<       C ========= C
      \      |                 \      |           \
       `N —— C = O              `N —— C = O         N
        |                        |                  |
        H                        H                  H
       (I).                            (II).
```

Il suffit de projeter dans une solution acétique d'alloxane, chauffée au bain-marie, de la fondue technique d'indoxyle, gracieusement mise à notre disposition par la Compagnie nationale des Matières colorantes. La liqueur se colore en rouge brun, puis en violet, et au bout de quelques minutes de chauffage, se prend en une bouillie cristalline violette, que l'on essore, lave à l'eau chaude et à l'alcool et que l'on peut purifier par sublimation.

MM. Felix et Friedländer [1] en condensant en milieu anhydride acétique l'anilide de l'isatine avec l'acide barbiturique obtiennent un produit auquel ils attribuent la même formule. Nous avons répété leurs expériences et avons pu constater, comme le faisait prévoir la description donnée par les auteurs, que ces deux corps sont nettement différents.

Le Tableau ci-après permet de se rendre compte de cette différence.

Le produit de condensation de l'alloxane et de l'indoxyle possède donc les caractères d'un colorant indigoïde. Il se présente sous la forme d'aiguilles foncées; sa cuve teint la laine et la soie en héliotrope et a même pour le coton une certaine affinité. Le dérivé sulfoné, qui teint directement la laine et la soie en nuances violettes, possède également une faible affinité pour le coton.

Le produit de condensation de l'anilide de l'isatine avec l'acide barbiturique, au contraire, se présente sous la forme de cristaux transparents. Il ne donne pas de cuve et il nous a été impossible d'obtenir un dérivé sulfoné doué de propriétés tinctoriales.

---

(1) A. Felix et P. Friedländer, *Monast. f. Chemie*, 1910, (2), p. 55.

| Produit de condensation de l'anilide de l'isatine avec l'acide barbiturique. | Produit de condensation de l'indoxyle avec l'alloxane. |
|---|---|
| 1° *Couleur.* — Cristaux rouge pâle transparents au microscope. | 1° *Couleur.* — Aiguilles violettes complètement opaques. |
| 2° *Action de la chaleur.* — Charbonne au-dessus de 300°. | 2° *Action de la chaleur.* — Se sublime au-dessus de 300° en aiguilles rouge violacé. |
| 3° *Solubilité.* — Très peu soluble dans les solvants à points d'ébullition élevé, comme le nitrobenzène, le benzoate d'éthyle, en leur communiquant une très légère teinte jaune orangé. | 3° *Solubilité.* — Quoique assez peu soluble dans ces solvants leur communique une teinte violette intense. |
| 4° *Action de la potasse.* — La potasse concentrée et froide donne une solution bleu violacé, par chauffage la dissolution du produit s'accélère en colorant la liqueur en jaune vert. | 4° *Action de la potasse.* — Très peu soluble même à chaud en colorant la liqueur en jaune vert. |
| 5° *Action de l'ammoniaque.* — Un peu soluble à chaud en rouge violacé, puis jaune rouge. | 5° *Action de l'ammoniaque.* — Un peu soluble à chaud en rouge. |
| 6° *Ne donne pas de cuve* avec l'hydrosulfite. | 6° *Donne avec une grande facilité une cuve jaune vert.* |
| 7° *Action de l'acide sulfurique.* — Donne une solution rouge violacé qui, étendue d'eau, devient rouge orangé, puis se décolore. | 7° *Action de l'acide sulfurique.* — Donne une solution violette qui, étendue d'eau, ne change pas de teinte. |
| 8° *Action de l'acide chlorhydrique.* — Donne une solution cramoisi. | 8° *Action de l'acide chlorhydrique.* — Donne une solution bleu violacé. |

De ces considérations, il semble donc résulter que c'est au produit de condensation de l'alloxane et de l'indoxyle qu'on doive réserver la formule (II) et il est possible que le produit de MM. Felix et Friedländer réponde à la formule (III) analogue à celle de l'anilide de l'isatine (IV)

(III).

(IV).

En effet, ces deux derniers produits traités par le sulfure d'ammonium, puis réoxydés à l'air, fournissent tous deux de l'indigo.

LITHOLOGIE. — *Nouveaux phénomènes de contact des diabases en Afrique occidentale française.* Note (¹) de M. **Henry Hubert.**

Les phénomènes de contact des diabases signalés antérieurement au Fouta-Djalon (²) s'observent aussi dans les régions soudanaises voisines qui sont également caractérisées par d'importants épanchements diabasiques (³). Au cours de nouvelles missions en Guinée et au Soudan, j'ai eu l'occasion de remarquer d'autres types de contact, en particulier avec les calcaires. On peut les diviser en trois groupes distincts.

I. *Contacts sans production de minéraux indépendants* (type du gisement de la rivière Kiomma, près d'Idia, Guinée française). — A une dizaine de mètres environ du contact, la diabase dont la structure était normale acquiert la faculté de se débiter en prismes, sans que l'ordre de grandeur des cristaux se modifie d'une façon appréciable. Puis, à 5^m du contact, la diabase devient microlitique, en même temps que le délit prismatique s'exagère. L'examen microscopique montre des transformations identiques à celles décrites dans ma Note de 1917.

Quant au calcaire, qui devient très cristallin, il est remarquable par l'abondance de cristaux microscopiques de quartz bipyramidé qu'on y observe.

Ce calcaire est surmonté par des roches rappelant les adinoles du Harz. Elles accusent un enrichissement exceptionnel en silice. Au microscope elles se montrent surtout constituées par une pâte ou des éponges quartzeuses, mais un essai microscopique permet d'y déceler en abondance de la soude. On y trouve en outre un peu d'épidote, et, dans certaines d'entre elles, la trace d'un minéral rhomboédrique disparu, sans doute la dolomite, pseudomorphosée en produits micacés.

Ces adinoles sont à leur tour recouvertes de jaspes zonés contenant un peu d'épidote.

Un contact assez analogue est celui rencontré sur la hauteur située à

(¹) Séance du 12 juillet 1920.
(²) H. Hubert, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 434-437.
(³) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 666-668.

2500$^m$ de Sélikégny, sur la route de Farako (Haut-Sénégal et Niger). Ici la puissance de la couche calcaire est d'une cinquantaine de mètres. La principale modification est celle subie par cette roche, rendue assez peu cristalline dans sa masse, mais traversée par une série de cassures où se sont développés du quartz, de l'albite, de l'orthose, de l'augite, de l'épidote et un peu de grenat biréfringent.

Le gisement voisin d'Yarkada montre simplement une transformati ondu calcaire en marbre au contact de la diabase (1).

II. *Contacts avec amas indépendants de magnétite* (type gîte de Siracoro, Haut-Sénégal et Niger). — Schématiquement, le gîte de Siracoro est constitué par une croupe formée par la superposition d'un calcaire sur un grès (2), qui repose lui-même sur des jaspes et des quartzites.

Le principal pointement de diabase se trouve au centre de la croupe et, par suite, au milieu des calcaires, mais la roche éruptive s'observe également au milieu des grès et des jaspes. On ne constate pas d'autre modification lithologique que la transformation des calcaires en marbres (marbres zonés, marbres blancs) et celle des diabases en un type microlitique banal. Par contre, au milieu des grès et des calcaires, parfois au contact même de la diabase, se sont individualisés de puissants amas de magnétite (3). Il s'est produit ainsi un phénomène assez commun au contact des roches éruptives et des calcaires.

Des phénomènes analogues doivent être fréquents dans la région considérée. Il est vraisemblable que les amas de magnétite de Samantara et de Salaké sont dus à des contacts semblables, comme l'indique le voisinage des diabases et des calcaires, mais ces contacts ne sont pas visibles.

III. *Contacts avec production de silicates* (type gîte de Bendougou, Haut-Sénégal et Niger). — Ce gîte est constitué par une lentille de marbre d'une centaine de mètres de long, incluse au milieu de grès siliceux. Sur toute la

---

(1) A ce type doivent être rattachés sans doute les gîtes de calcaires très cristallins, avec développement exceptionnel de silice (calcédoine, jaspe, quartz bipyramidé), qui sont distants parfois de plusieurs kilomètres des affleurements de diabase, mais qui ont dû être antérieurement en contact avec celles-ci : Digui, Toukoto, Yélimané, Dinguira. Dans ces deux derniers gîtes, on trouve de puissants filons de barytine.

(2) Sur ces grès se sont déposés localement des travertins.

(3) Celle-ci est tantôt compacte, tantôt scoriacée, et, dans ce dernier cas, parfois imprégnée de calcédoine.

partie visible en projection horizontale, cette lentille est entourée par la diabase.

Les transformations observées sont les suivantes :

*a.* Au milieu des grès, individualisation de filonnets de calcite dans les cassures; transformation locale de la roche en quartzite feldspathique;

*b.* Aux dépens du calcaire, transformation en marbre;

*c.* Aux dépens de la diabase, passage à un type microlitique, avec individualisation de la roche aplitique de différenciation décrite antérieurement.

En outre, dans les fentes des calcaires, il y a eu formation de grenatite, souvent en blocs très volumineux. Parfois aussi il y a eu individualisation de minéraux en gros éléments : prehnite, en masses mamelonnées de plusieurs kilogrammes; grossulaire et mélanite (celui-ci rare), avec les faces $a^2$, $b^1$; épidote (faces $p$, $a^1$, $h^1$, $e^1$, $m$, $b^{\frac{1}{2}}$, avec $m$ dominant); calcédoine et quartz.

A Doualé, on trouve plusieurs gîtes analogues; dans le plus important d'entre eux le calcaire fait défaut, mais tout porte à croire qu'il a été enlevé par l'érosion. A signaler aussi en ce point entre les diabases et les aplites la présence d'un chloritochiste à pyroxène (avec clinochlore pauvre en fer).

A Sibindi, on observe à partir des diabases des auréoles successives, d'abord de pegmatite et d'aplite, puis de diabase et de calcaire, enfin de marbre et de grenat. Les mêmes minéraux qu'à Bendougou se rencontrent en abondance.

Il résulte des observations précédentes que les modifications de contact dues à des diabases sont, dans certaines parties de l'Afrique occidentale, beaucoup plus fréquents que partout ailleurs, et qu'il peut se produire, du fait de ces contacts, des minéraux analogues à ceux qu'on rencontre dans les contacts de roches acides.

BOTANIQUE. — *Sur une petite Algue verte aérophile* (Prasiola leprosa *Kütz*). Note (¹) de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. L. Mangin.

J.-B. Petersen (²) a décrit, sous le nom de *Pleurococcus calcarius* n. sp., une petite Algue verte du Danemark, que j'ai maintes fois rencontrée dans

(¹) Séance du 12 juillet 1920.

(²) J.-B. Petersen, *Studier over Danske aërofile Alger* (*D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, 7 Roekke, naturv. og mathem. Afd.*, t. 12, 1915, n° 7).

les environs de Bordeaux. Ici, ses stations sont les mêmes qu'en Danemark: elle forme, sur roches calcaires et dans des endroits ombreux, une sorte d'enduit crustacé, vert très foncé, bien différent des revêtements poudreux d'un vert clair jaunâtre, offerts habituellement par les *Protococcus*. Je dis *Protococcus* et non *Pleurococcus*, car, Wille ayant établi l'identité du *Pleurococcus vulgaris* des auteurs modernes et du *Protococcus viridis* authentique de l'herbier Agardh, le nom de *Pleurococcus* doit être abandonné et l'Algue nouvelle décrite par Petersen devrait être dénommée *Protococcus calcarius*. Toutefois, comme la présente Note va le montrer, cette intéressante espèce est, en réalité, un *Prasiola*.

Sans doute, au premier abord, ses agrégats paucicellulaires, par leur disposition, rappellent à s'y méprendre ceux d'un *Protococcus;* mais leurs cellules possèdent un grand chromatophore médian, multilobé-étoilé, d'un *vert intense,* pourvu d'un gros pyrénoïde central *très apparent, même sur le vivant;* de plus, le contenu de bon nombre d'entre elles est divisé en corpuscules arrondis, qui sont des aplanospores. Ces caractères cytologiques et cette fréquence d'aplanospores laissent déjà penser que la plante n'est pas un *Protococcus*. Au sein de ces matériaux protococcoïdes, en effet, j'ai rencontré de petits thalles membraneux entiers, dont les cellules offraient exactement la même structure. Il s'agissait donc d'un *Prasiola*. Petersen, d'ailleurs, a hésité avant d'établir son *Pl. calcarius :* « Il n'est pas tout à fait impossible, dit-il, que l'espèce sus mentionnée soit identique aux acinètes de multiplication du *Prasiola crispa*.... Cependant, ajoute l'auteur, je n'ai jamais pu observer la moindre apparence d'une formation de filaments chez *Pl. calcarius*... ». Or, parmi les nombreux échantillons que j'ai examinés, j'ai bien trouvé quelques rudiments de filaments (composés de 3 ou 4 cellules), mais si rares que je les interprète comme des malformations. La plante n'en appartient pas moins au genre *Prasiola*. Dans ce genre, en effet, comme Imhäuser [1] l'a démontré, le stade filamenteux du début du développement n'a pas chez toutes les espèces la même importance : chez *Pr. furfuracea* (Fl. dan.) Menegh., par exemple, il peut être réduit à 2 ou 3 cellules; chez le *Prasiola leprosa* Kütz, étudié par Wille [2], il est exceptionnel et toujours rudimentaire,

---

(1) L. Imhäuser, *Entwicklungsgeschichte und Formenkreis* von Prasiola (*Flora*, vol. 72, 1889, p. 233-290, pl. X-XIII).

(2) N. Wille, *Algologische Untersuchungen an der biologischen Station in Drontheim :* I. *Ueber die Entwicklung* von Prasiola furfuracea (*Fl. dan.*) *Menegh.* (*Det Kgl. norske Vidensk. Selsk. Skrifter*, 1906, n° 3).

les cellules reproductrices formant d'emblée un thalle membraneux. C'est également le cas de la plante que j'ai observée.

Par suite de la gélification des lamelles moyennes riches en matières pectiques, on trouve, en toutes saisons, de nombreux thalles décomposés en groupes paucicellulaires (le plus souvent formés de 2 à 4 cellules). On ne peut donc attribuer une telle dissociation à des causes intrinsèques, parmi lesquelles la sporogenèse joue un rôle prédominant. Les spores, en effet, toujours absentes dans les thalles entiers, ne se présentent que dans les cellules provenant de sa dissociation; toutes celles-ci paraissent capables de produire des spores. Si quelques-unes d'entre elles se comportent en acinètes et reproduisent la plante par voie végétative, je tiens ce dernier mode de reproduction comme secondaire, dérivé, à cause de la grande fréquence des aplanospores (¹). Je considère, il est vrai, comme telles la plupart des cellules isolées, plus ou moins ellipsoïdales et à membrane mince. On rencontre, en effet, trois catégories de cellules isolées: les plus petites, étant données leurs faibles dimensions (5 à 6 $\mu$ sur 3 à 4 $\mu$) et la ténuité de leur membrane, représentent sans aucun doute de jeunes aplanospores. Les cellules isolées de taille plus grande sont plus difficiles à interpréter. Certaines, contenant parfois des aplanospores, sont évidemment des cellules provenant de la dissociation des thalles âgés; mais le plus grand nombre ressemblent aux plus petites cellules citées précédemment et dont elles ne paraissent constituer que des stades plus âgés, plus développés. Wille, d'ailleurs, au sujet de la croissance des aplanospores, s'exprime ainsi : « Finalement, elles (aplanospores) prenaient les mêmes dimensions et le même aspect que les acinètes... ». Il est donc fort probable que dans beaucoup de cas où les auteurs ont parlé d'acinètes ils ont eu sous les yeux des aplanospores ayant subi un commencement de croissance. Chez cette Algue, par conséquent, la reproduction par aplanospores constitue, à mon avis, le mode de reproduction normal.

Par l'ensemble de ses caractères, la plante en question correspond au *Pr. leprosa* Kütz. de Jessen (²) et de Rabenhorst (³), qui n'aurait été

(¹) Chez *Pr. mexicana* β *quitensis*, de Lagerheim [*Ueber die Fortpflanzung von* Prasiola (*Ag.*) *Menegh.* (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, t. **10**, 1892, p. 366-374, pl. XX)] a constaté que les aplanospores étaient également beaucoup plus abondantes que les acinètes.

(²) C. Jessen, *Prasiolæ generis algarum monographia* (*Diss. inaug.*, Kiliæ, 1848).

(³) L. Rabenhorst, *Flora europæa algarum aquæ dulcis et submarinæ* (sect. III, Lipsiæ, 1868, p. 309).

observé en France que par Lenormand et de Brébisson, dans les environs de Falaise. Or, cette espèce, étant assez commune aux alentours de Bordeaux, se trouve vraisemblablement dans d'autres régions de la France, mais son habitat la dissimule aux regards non particulièrement attentifs et ses groupes protococcoïdes, toujours présents, ont dû, dans nombre de cas, la faire prendre pour un *Protococcus*, d'autant plus que les thalles entiers sont microscopiques et généralement clairsemés.

La plupart des auteurs modernes confondent *Pr. leprosa* Kütz. et *Pr. furfuracea* (Fl. dan.) Menegh. Or, mes spécimens de *Pr. leprosa*, comparés aux *Pr. furfuracea* distribués par Desmazières (*Crypt. de France*, 2, fasc. 7, 1856, n° 304) en diffèrent par les caractères suivants : (*a*) le thalle, dépourvu d'un véritable stipe [1] comparable à celui du *Pr. furfuracea*, a une polarité moins marquée et un contour plus irrégulier, limité par une marge membraneuse moins épaisse; (*b*) au lieu d'être subdivisé en aréoles par des cloisons plus ou moins épaisses, il offre habituellement des membranes, de même épaisseur, délimitant des cellules distribuées sans ordre ou suivant des lignes divergeant vers le bord supérieur, finement émarginé; (*c*) enfin, ses dimensions (longueur et largeur) se sont montrées toujours inférieures à 200 μ, par conséquent bien plus petites que celles du *Pr. furfuracea*, qui mesure couramment $1^{mm}$ à $2^{mm}$ en tous sens.

Il semble difficile de considérer *Pr. leprosa* comme un état jeune de *Pr. furfuracea* : on comprendrait mal qu'un thalle à constitution très régulière, comme celui de *Pr. furfuracea*, eût pour stade de jeunesse un thalle de forme et de structure beaucoup moins régulières ou même tout à fait irrégulières. L'inverse serait plutôt admissible. En outre, si, dans certaines stations, ces deux *Prasiola* se trouvent, comme Imhäuser le déclare, intimement mélangés, je n'ai jamais observé, pour ma part, un tel mélange.

## CYTOLOGIE. — *Sur les Œnocytoïdes et les Tératocytes.* Note de M. A. Paillot, présentée par M. P. Marchal.

Dans une Note [2] sur la « cytologie du sang des chenilles de Macrolépidoptères », nous avons décrit et nommé les deux types d'éléments les plus importants : les Micronucléocytes et les Macronucléocytes; en ce qui

---

[1] Les dessins de Wille (*loc. cit.*) également n'en font pas mention.

[2] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 202.

concerne les autres éléments du sang, nous avons adopté la nomenclature courante ; mais ainsi que Hollande vient de le relever dans une Note récente à l'Académie (¹), nous avons assimilé à tort les Œnocytoïdes, nommés par Poyarkoff, aux Œnocytes de Wielowievski. Pour les raisons données par Hollande, Œnocytes et Œnocytoïdes constituent bien deux catégories distinctes d'éléments; les derniers seuls se trouvent dans le sang circulant.

En ce qui concerne les Tératocytes, Hollande dit que ces cellules anormales trouvées par lui dans le sang de chenilles parasitées par les Microgasters « ont peut-être été déjà vues par quelques auteurs, mais elles n'ont été encore ni décrites, ni étudiées ». Or, dans une Note à la Société de Biologie sur « *Perezia legeri* nov. sp. Microsporidie nouvelle parasite des chenilles de *Pieris brassicœ* », nous avons décrit assez longuement ces éléments, à l'état frais et après coloration. Nous avons émis l'hypothèse que ces cellules géantes, auxquelles nous n'avons pas cru devoir donner un nom particulier, représentaient un stade hypertrophié de certains éléments du sang. « Peut-être, disions-nous, y a-t-il un rapport entre elles et les larves d'*Apanteles* » et cette opinion nous avait été suggérée par M. Marchal qui avait déjà eu l'occasion d'observer l'existence de cellules géantes dans le sang d'Insectes parasités. Nous n'avons pu reprendre en détail l'étude de l'origine de ces cellules géantes que nous avons rencontrées depuis dans le sang d'autres chenilles parasitées, les Vers gris en particulier, mais nous persistons à croire qu'elles résultent de l'hypertrophie d'éléments du sang, peut-être des Macronucléocytes.

CYTOLOGIE. — *Caractères atypiques dans la mitose somatique chez* Corethra plumicornis. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Yves Delage.

Une description des principaux stades de la mitose somatique chez ce Diptère a déjà été faite par moi l'an dernier (²). J'effectuais alors mes recherches sur des larves montées *in toto*, procédé qui avait permis d'établir avec le maximum de certitude le nombre des chromosomes qui est trois. De nouvelles observations, entreprises cette fois sur des coupes, complètent cette première étude.

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1431.

(²) *Archives de Zoologie expérimentale*, 1919 (Notes et Revue), t. 58. Voir, en outre, *Association française pour l'avancement des Sciences* (Compte rendu de la 43ᵉ session, Le Havre, 1914).

Les mitoses observées se trouvent dans les disques imaginaux de l'abdomen larvaire, dans les tissus ovariens et dans les conduits génitaux en pleine croissance.

Au début de la prophase, les cordons spirémateux sont d'abord grêles et fort contournés et l'on ne distingue aucune trace de fente selon leur longueur; à ce stade leur numération exacte n'est pas encore possible. Ils se raccourcissent en s'épaississant, mais toujours sans montrer d'indice de dualité dans leur constitution, et deviennent bientôt des rubans en forme d'anses aux branches d'égale importance, pareillement développés à l'intérieur du sphéroïde nucléaire. On peut alors établir leur nombre; ils sont trois. Leur structure n'est pas homogène à proprement parler; ils donnent plutôt l'impression de nattes ou de bandes réticulaires dont le réticulum extrêmement fin serait très serré, ou bien encore celle de cordes légèrement détordues ou gonflées par endroits. Ils rappellent ainsi curieusement certains aspects d'anses pachytènes. Puis le raccourcissement fait apparaître une fente longitudinale irrégulière et les rubans précédents forment maintenant trois anses trapues orientées de telle sorte que les extrémités libres siègent du même côté du noyau. Des deux extrémités de chaque anse, l'une présente assez souvent un aspect particulier; elle est entaillée profondément de manière à constituer une sorte de fourche à fortes dents plus ou moins recourbées. Je n'avais pas encore rencontré cette particularité dans les chromosomes somatiques des autres espèces, mais elle a été décrite dans les anses pachytènes des spermatocytes I de *Tomopteris*, *Sabellaria*, etc.

Bientôt les limites du noyau disparaissent et en même temps s'organise le fuseau. Or, pendant la mise au fuseau, les anses subissent une suite de contractions qui ont pour résultat d'approfondir la fente longitudinale de façon inattendue. En effet, chaque anse raccourcie et fendue se transforme en ce moment en une paire de chromosomes nettement séparés l'un de l'autre. Or, nous ne sommes encore que tout au début de la métaphase et pourtant nous avons déjà, non pas trois anses simplement clivées, ce qui serait le cas si *Corethra* répondait en ce point au schéma, mais bel et bien six chromosomes parfaitement individualisés. Ceux-ci sont simplement disposés par paires, où ils sont parallèles et jamais croisés l'un sur l'autre.

Un tel début dans la métaphase est tout à fait exceptionnel. Devons-nous considérer l'apparition des paires simplement comme une anticipation particulière de la division longitudinale?

Il ne semble pas possible de le faire; car cette disposition est de courte durée. En effet, les chromosomes de chaque paire, fait singulier, se rapprochent ensuite étroitement en perdant encore de leur longueur; finalement, l'écart qui les sépare s'annule. La plaque équatoriale est alors formée de trois masses chromatiques en forme de tête de flèche où la fente longitudinale ne se reconnaît même plus.

L'anaphase commence dans ces conditions et l'on s'attendrait à ce qu'elle comportât la présence de trois chromosomes simples de part et d'autre du plan équatorial. Il en va autrement. En effet, dès le décollement des moitiés, ces dernières commencent à se cliver; de sorte que, pendant l'achèvement de l'anaphase, on trouve, en réalité, trois paires d'anses du côté de chaque pôle. Cette anaphase est donc également atypique et sa singularité est du même ordre que celle de la métaphase précédemment décrite.

Enfin, l'étude de la télophase, assez difficile sur ce matériel, montre qu'au moment de la reconstitution des noyaux fils, les petites anses de chaque paire ne restent pas individualisées; elles fusionnent, si bien que chaque paire anaphasique entrant au repos se comporte comme un chromosome unique soumis aux conditions d'alvéolisation et peut-être de liquéfaction partielle ordinaires à ce stade.

Des faits semblables à ceux que je viens d'étudier ont été signalés dans la mitose somatique chez diverses espèces de *Drosophila*, du moins en ce qui concerne la métaphase. Chez ces Diptères, le noyau comprend des autosomes, des microsomes et des hétérochromosomes, catégories qu'on ne rencontre pas chez *Corethra*. En outre, l'apparition de paires de chromosomes au début de la métaphase est un peu plus précoce et l'écartement de ces derniers dans chaque paire est plus prononcé que chez *Corethra*.

En résumé, dans la mitose somatique *Corethra*, si l'on pratique les numérations de chromosomes à la prophase et à la fin de la métaphase, on compte trois; si on le fait au début de la métaphase et à l'anaphase, on compte six. Pareil fait ne se produit dans les matériels bien connus : Ascaris, Salamandre, Oignon; et le schéma classique ne permettait pas de prévoir une telle particularité, peut-être répandue. La numération des chromosomes est donc une chose plus délicate encore qu'on le croyait.

En outre, les trois chromosomes spirémateux de la prophase rappellent à plus d'un titre les anses pachytènes des cytes I du type ordinaire. Enfin, la présence de paires au début de la métaphase et surtout pendant l'anaphase sont des manifestations qu'on croyait devoir appartenir en propre

à la mitose hétérotypique; la mitose somatique de *Corethra* se rapproche ainsi par quelques côtés de cette dernière. Peut-être les caractères atypiques que révèle l'étude de la mitose somatique chez quelques Diptères sera-t-elle de nature à modifier certaines notions aujourd'hui reçues concernant l'existence du chromosome.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence du cuivre dans les plantes et particulièrement dans les matières alimentaires d'origine végétale.* Note de M. B. GUÉRITHAULT, présentée par M. L. Maquenne.

En 1911 j'ai fait connaître les résultats que j'avais obtenus dans la recherche et le dosage du cuivre chez les végétaux (1). Ce sujet faisait partie d'un programme d'études sur les infiniment petits chimiques tracé par M. G. Bertrand depuis ses belles recherches sur le manganèse. La question du cuivre a depuis longtemps attiré l'attention des analystes. Bien que plusieurs savants se soient occupés de la recherche du cuivre chez les êtres vivants (2), je consigne dans cette Note les résultats acquis par moi-même; ils tirent une part de leur intérêt dans le soin minutieux que j'ai mis à les obtenir.

J'ai suivi pour cela la méthode classique, consistant en : incinération, traitement des cendres par l'acide chlorhydrique, séparation du cuivre sous forme de sulfure, transformation du sulfure en nitrate, électrolyse et enfin dosage du cuivre par pesée directe ou par colorimétrie, après addition d'ammoniaque à sa solution nitrique.

J'ai opéré sur une quantité de substance variant entre $200^g$ et $1^{kg}$; l'incinération était faite dans un four à moufle chauffé au charbon de bois. Avant l'épuisement les cendres étaient traitées d'abord par l'acide chlorhydrique au demi, évaporées à sec, reprises par l'acide chlorhydrique pur et évaporées à sec de nouveau. Ces évaporations étaient faites à l'aide d'un bain-marie spécial en aluminium, avec rondelles en porcelaine.

Cette méthode exige des manipulations très longues, mais son exacti-

(1) *Bull. des Sciences pharmacologiques*, novembre 1911.

(2) MAQUENNE et DEMOUSSY, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 87. — FLEURENT et LÉVI, *Bull. Soc. chim. de France*, t. 27, 1920, p. 440 et 441.

tude est très grande; le Tableau ci-après résume une série des résultats obtenus [1].

| | Matière sèche pour 100. | Cendres pour 100 de matière fraîche. | Cuivre pour 100 de cendres. | Cuivre par kilog. de matière | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | sèche. | fraîche. |
| | | | mg | mg | mg |
| Oseille (feuilles) | 8,7 | 1,17 | 20,7 | 27,5 | 2,4 |
| Épinards » | 9,8 | 2,02 | 9,0 | 18,3 | 1,8 |
| Laitue » | 5,5 | 1,11 | 18,0 | 36,3 | 2,0 |
| Carottes (racines) | 12,5 | 1,21 | 18,0 | 17,6 | 2,2 |
| Navets » | 10,1 | 0,98 | 36 | 29,7 | 3,0 |
| Radis » | 7,2 | 1,15 | 33 | 52,7 | 3,8 |
| Salsifis » | 14,1 | 0,83 | 19,2 | 22,6 | 3,2 |
| Poireaux » | 11 | 0,92 | 27,5 | 22,7 | 2,5 |
| Betterave » | 13 | 1,20 | 26,6 | 24,5 | 3,2 |
| Cresson (feuilles et tiges) | 8,2 | 1,42 | 10,7 | 18,1 | 1,5 |
| Poireaux (feuilles) | 9,2 | 1,00 | 50 | 54,3 | 5,0 |
| Céleri » | 9,1 | 1,28 | 15,6 | 21,9 | 2,0 |
| Oignon (bulbe) | 12,5 | 0,75 | 36 | 23,2 | 2,9 |
| Pommes de terre (tubercule) | 24,5 | 1,20 | 15 | 7,7 | 1,9 |
| Cornichon (fruit) | 5,3 | 1,25 | 22 | 52,8 | 2,8 |
| Concombre » | 4,6 | 0,54 | 42 | 50 | 2,3 |
| Haricots verts | 11,15 | 0,83 | 21,6 | 16,3 | 1,8 |
| Potiron (fruit) | 10,05 | 0,86 | 12 | 10,9 | 1,1 |
| Tomate » | 6,2 | 0,59 | 33 | 32,1 | 2,0 |
| Pommes » | 16,12 | 0,52 | 11,5 | 7,4 | 1,2 |
| Poires » | 17,0 | 0,56 | 19,6 | 12,9 | 2,2 |
| Cerises » | 10,2 | 0,62 | 25,8 | 15,6 | 1,6 |
| Raisins » | 12,1 | 0,54 | 22,2 | 9,9 | 1,2 |
| Oranges » | 14,1 | 0,61 | 50 | 21,9 | 3,1 |
| Olives » | 33,4 | 1,56 | 17 | 8,3 | 2,8 |
| Bananes » | 25,1 | 0,94 | 23,4 | 8,7 | 2,2 |
| Dattes » | 78,1 | 1,77 | 13,5 | 3,0 | 2,4 |
| Châtaignes » | 62,2 | 3,12 | 10,2 | 5,1 | 3,2 |
| Lentilles (graines) | // | 2,68 | 24,6 | // | 6,6 |
| Haricots » | // | 3,92 | 25,4 | // | 10,0 |
| Pois » | // | 4,29 | 16,9 | // | 7,2 |
| Soja » | // | 5,20 | 17,3 | // | 9,0 |
| Froment » | // | 4 | 18 | // | 7,2 |

[1] Les produits analysés provenaient du marché parisien. Pour certaines substances, comme les graines, qui ne renferment plus que leur humidité hygrométrique naturelle et sont pratiquement considérées comme sèches, on n'a pas dosé l'eau; les chiffres se rapportent alors à $1^{kg}$ de matière telle qu'elle est livrée à la consommation.

| | Matière sèche pour 100. | Cendres pour 100 de matière fraîche. | Cuivre pour 100 de cendres. | Cuivre par kilog. de matière sèche. | fraîche. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | mg | mg | mg |
| Seigle (graines) | " | 3,89 | 19,3 | " | 7,5 |
| Orge » | " | 4,45 | 14,6 | " | 6,5 |
| Avoine » | " | 7,71 | 22,2 | " | 17,1 |
| Maïs » | " | 5,73 | 12,3 | " | 6,8 |
| Riz décortiqué | " | 5,00 | 12,8 | " | 6,4 |
| Cresson (graines) | " | 8,66 | 13 | " | 11,3 |
| Radis » | " | 6,83 | 8,7 | " | 6 |
| Noix (amandes) | " | 1,78 | 62,8 | " | 11,2 |
| Noisettes » | " | 2,67 | 44,9 | " | 12 |
| Amandes douces | " | 2,20 | 63,6 | " | 14 |
| Amandes amères | " | 2,36 | 55,0 | " | 13 |

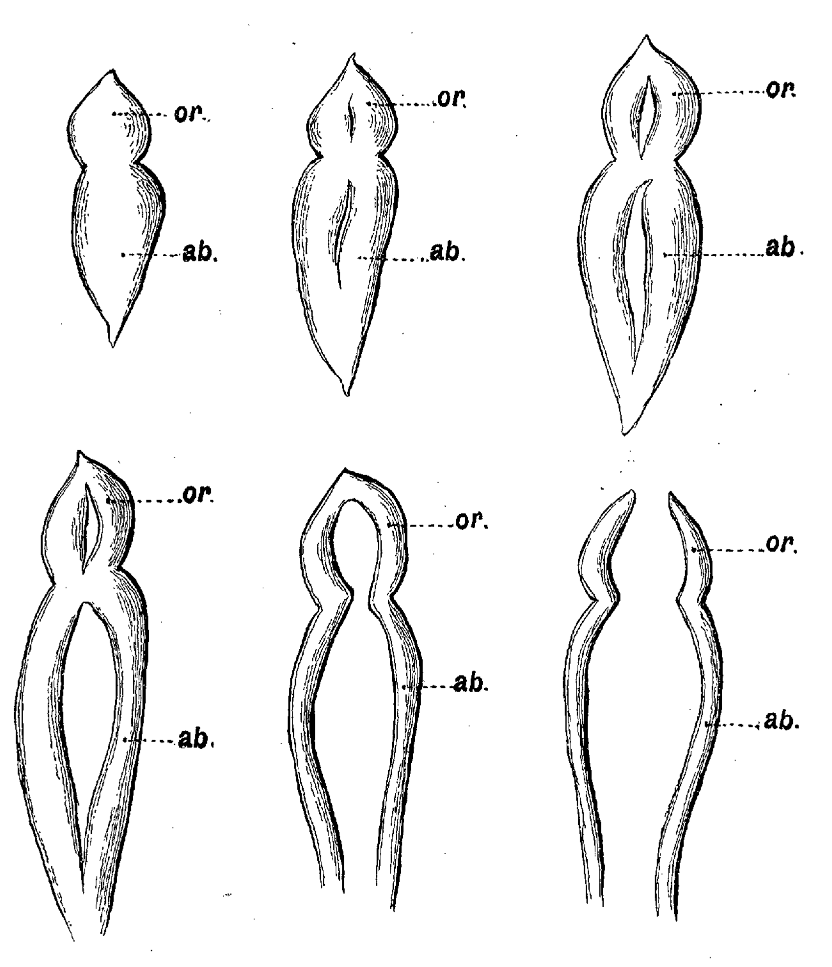
Ce Tableau confirme et étend les données que j'avais précédemment établies. Le cuivre est un élément constant des substances alimentaires d'origine végétale et sans doute de tous les végétaux, comme l'ont récemment montré MM. Maquenne et Demoussy. Les proportions, dans mes expériences, oscillent de $8^{mg},7$ à $63^{mg},6$ pour $100^{g}$ de cendres et de $1^{mg},1$ à $17^{mg},1$ par kilogramme de matière fraîche. Les graines se sont montrées particulièrement riches en cuivre.

Je me propose de montrer quelles conséquences ces faits présentent au point de vue de la teneur en cuivre des organismes animaux et au point de vue du rôle biochimique du cuivre.

EMBRYOGÉNIE. — *Les dernières phases du développement des organes endodermiques métamérisés de la larve des Anthozoaires et l'achèvement du pharynx.* Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

Les massifs épithéliaux métamérisés de la larve de *Pocillopora cespitosa*, dont j'ai fait connaître le mode de formation à l'intérieur de l'*Archenteron* encore complètement clos et dont j'ai pu fixer l'origine à partir d'éléments indifférenciés de l'endoderme archentérique, vont par leur développement donner naissance au pharynx et à ses dépendances. Chez la forme que j'étudie plus particulièrement ici, ils évoluent avec assez de lenteur pour qu'il soit possible de saisir et d'analyser les phases successives de leurs transformations.

De très bonne heure chacune de ces ébauches endodermiques différenciées se trouve partagée par un plan perpendiculaire à l'axe oro-aboral de l'embryon, en deux portions que, par suite de leur situation respective par rapport aux deux pôles de la larve, nous nommerons *orale* et *aborale*. Disons que la portion orale de chacune




Évolution individuelle de l'ébauche segmentaire de nature endodermique désignée dans cette Note sous le nom d'Entérotoxelle. Ces organes embryonnaires, répétés métamériquement dans chacun des segments $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, donnent naissance au pharynx par leur portion orale, *or*, et aux entéroïdes par leur portion aborale, *ab*.

de ces formations est sensiblement moins développée que sa portion aborale; en outre le point de jonction de ces deux régions anatomiques se trouve marqué par un étranglement réalisant un col qui restera perceptible pendant presque toute la durée de l'évolution de ces organes embryonnaires.

La présence de ce dernier détail de structure achève de conférer à l'ensemble de

cette entité organique une physionomie originale que reproduisent les figures ci-jointes.

Nous nous trouvons donc en présence d'une série de formations endodermiques impaires, médianes, répondant à chacun des foyers d'activité des segments α, β, γ.

Chacune de ces formations va subir le sort réservé à tous les organes impairs et médians de la larve : elle va se cliver dans le plan dorso-ventral. De ce clivage résulte son dédoublement : la figure ci-contre en représente les stades successifs. Avant que le dédoublement de cette formation ne soit achevé elle passe par une phase dont la durée est particulièrement longue et pendant laquelle elle réalise la forme d'un arceau encore pourvu d'un étranglement sensible au niveau de la séparation de sa portion orale et de sa portion aborale. Enfin dans un dernier stade qui répond à la période de l'extention dorsale de la fente buccale, ultime conséquence du clivage dorso-ventral, cet arceau se trouve lui-même rompu à sa clef de voûte; de ce fait il se scinde en deux éléments latéraux droit et gauche dont l'avenir va désormais se trouver lié à celui des cloisons qui leur correspondent et au bord libre desquelles ils sont soudés.

Je propose de reconnaître par le terme d'Entéroxelle (τοξον arc) la remarquable individualité de cette formation dont la découverte éclaire d'un jour tout nouveau l'origine et la morphologie du système entéroïdo-pharyngien des Anthozoaires. Cette notion anatomique est applicable aux autres Cœlentérés supérieurs en particulier aux Cténophores : j'en fournirai prochainement la preuve en étudiant l'embryogénie d'une espèce nouvelle du genre *Cœloplana*.

Grâce à la connaissance que nous possédons maintenant de l'entité que je viens de présenter sous le nom d'*Entérotoxelle*, il devient possible de faire comprendre en quelques mots la formation du pharynx chez les Anthozoaires. Il me suffira de rappeler que chacun des foyers d'activité de la larve, α dorsal, α ventral, β dorsal et plus tard γ dorsal, présente une entérotoxelle conforme au type anatomique et évolutif précédemment décrit; que ces formations intéressées par le fléchissement ventral, par l'édification corrélative de la gibbosité dorsale et enfin par la concrescence oro-dorsale, se trouvent à la faveur de ce dernier phénomène rapprochées les unes des autres sur la génératrice dorsale de la larve, comme chacun des éléments métamériques alpha, bêta, gamma, constituant le scyphostrobile hexacorallien. Ce rapprochement ayant mis en contact par leur portion orale, chacune des entérotoxelles, celles-ci se soudent l'une à l'autre par cette même portion orale, dans l'ordre métamérique de leur formation. C'est à ce moment qu'avant d'ouvrir la fente buccale, dernière manifestation de son activité, le clivage dorso-ventral intervient pour former la lumière du pharynx en fendant, suivant leur plan médian dorso-ventral, les clefs de voûte, jusqu'ici respectées, des portions orales des entérotoxelles métamériquement fusionnées suivant la génératrice oro-dorsale de la larve.

Ainsi, la large lumière du tube pharyngien se trouve bien limitée par un épithélium endodermique : venu de la profondeur de l'*Archenteron* après avoir parcouru les différentes étapes que nous avons décrites, il représente l'ensemble concrescent des portions orales des entérotoxelles α dorsal, α ventral, β dorsal, γ dorsal.

Quand à la portion aborale de ces mêmes organes embryonnaires elle ne participe pas à la fusion qui englobe toutes leurs portions orales en un organe unique; elle

conserve sa personnalité et demeure en quelque sorte flottante dans la cavité gastrovasculaire comme un long cordonnet simplement rattaché par une de ses génératrices au bord libre de la cloison musculaire qui lui correspond et dont elle constitue l'entéroïde.

En résumé, on voit que chez les Anthozoaires le complexe entéroïdo-pharyngien tout entier, considéré jusqu'ici comme d'origine ectodermique, doit sa formation à la synthèse oro-dorsale des individualités architectoniques fondamentales que j'ai désignées sous le nom d'*Entérotoxelles* et que nous avons vu se développer, à partir d'ébauches endodermiques disposées comme tous les organes périodiques de l'embryon des Anthozoaires, en série métamérique oro-aborale.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La palisporogenèse ou sporogenèse itérative, mode de reproduction spécial à certains Flagellés parasites. Son déterminisme.* Note de M. **Edouard Chatton**, présentée par M. Yves Delage.

J'appelle *palisporogenèse* ou *sporogenèse itérative* un mode de reproduction que j'ai fait connaître (1906-1907) chez divers Péridiniens parasites des Copépodes pélagiques et des Appendiculaires. V. Dogiel (1906-1908) l'a observé chez les *Haplozoon*, autres Péridiniens parasites des Annélides, et il se retrouve, quelque peu modifié, chez des parasites des Crustacés, à affinités encore obscures, mais certainement du groupe des Flagellés, les *Ellobiopsidæ*, étudiés par Caullery (1910), Coutière (1911), et B. Collin (1913).

Chez les Protistes, d'une manière très générale, l'individu végétatif, le trophozoïte, qu'il se multiplie par simple scissiparité (tomogonie), ou par schizogonie, produit des éléments tous morphologiquement semblables et génétiquement équivalents, homodynames.

Chez les formes palisporogénétiques, le trophozoïte, arrivé à sa taille limite, se scinde en deux éléments hétérodynames : l'un continue de s'accroître et de se nourrir (trophocyte I), l'autre (gonocyte I) formé, par une série de scissions cytoplasmiques et nucléaires précipitées, un grand nombre de sporocytes qui évacués dans le milieu extérieur servent à l'expansion du parasite. Le trophocyte I, revenu à sa taille maxima, se scinde une seconde fois en un nouveau trophocyte (T. II) et un nouveau gonocyte (G. II), qui donne une nouvelle poussée sporale. Le phénomène se répète ainsi périodiquement. L'existence du trophocyte et son fonctionnement palisporogénétique, théoriquement indéfinis, n'ont en fait d'autre limite

que la capacité de l'hôte à subir cette exploitation d'ailleurs très ménagée. J'ai pu établir que *Blastodinium crassum*, à Banyuls, en été, sporule ainsi une fois par 24 heures pendant la nuit.

Intéressante du point de vue parasitisme, la palisporogenèse l'est aussi du point de vue de la dynamique cellulaire : pourquoi des organismes appartenant au groupe des Péridiniens, où l'on ne connaît chez les formes libres qu'une scissiparité simple ou une sporogenèse à produits homodynames, montrent-ils une hétérodynamie aussi accentuée ? La palisporogenèse étant propre aux parasites, il est certain qu'elle est conditionnée par le parasitisme. La question qui se pose est de savoir si cette hétérodynamie, qui se manifeste aussitôt le clivage effectué, est déterminée avant ce clivage par une hétérogénéité bipolaire du cytoplasme du trophocyte indivis, ou si elle est la conséquence de conditions différentes dans lesquelles les deux moitiés du trophocyte se trouveraient du fait de ce clivage. Y a-t-il bipolarité préétablie ou influence exclusive d'une cause actuelle ?

Lorsqu'on extrait de l'intestin de son hôte le trophocyte d'un *Blastodinium*, ou lorsqu'on détache celui d'un *Apodinium* du tégument auquel il est fixé, on voit ce trophocyte subir un premier clivage normal. Mais, au deuxième clivage du gonocyte correspond un deuxième clivage du nouveau trophocyte. Il en est de même pour les clivages successifs. Soustraits aux conditions de leur existence parasitaire, trophocyte et gonocyte se segmentent symétriquement, ils se montrent homodynames jusqu'à la formation des sporocytes et des dinospores.

Quelles sont donc les conditions qui, dans l'hôte, déterminent l'hétérodynamie ? Elles sont particulièrement faciles à analyser chez les parasites tégumentaires ou intestinaux fixés à leur hôte par des rhizoïdes absorbants. Le plan de clivage y est normal à l'axe de fixation. Il sépare donc une cellule proximale qui reste en rapport avec l'hôte et continue de se nourrir, et une cellule distale qui, privée de ses nutriments, ne peut que s'enkyster, sporuler ou dégénérer. En fait elle sporule toujours.

Le cas des *Blastodinium*, parasites intestinaux sans rhizoïdes, non fixés à l'hôte et à absorption uniforme, semblerait exclure pareille interprétation. Cependant la situation très particulière du parasite dans l'intestin du Copépode place les deux cellules résultant du premier clivage dans des conditions trophiques très inégales. Il s'y trouve comme un projectile dans l'âme d'un canon, obstruant le tube digestif de telle façon que l'élément postérieur est privé d'une partie de ses nutriments et se segmente. Dans les onze espèces de *Blastodinium* que j'ai fait connaître, c'est toujours la cellule antérieure qui est le trophocyte. Autre fait : chez certains *Blastodinium*, le trophocyte effectue toujours quelques divisions à produits hétérodynames. Il en résulte plusieurs trophocytes, donc plusieurs parasites dans le même hôte. Ce sont des espèces grégaires ; d'autres sont toujours solitaires. Or, ce sont les espèces de petit calibre, qui n'obstruent qu'incomplètement l'intestin de l'hôte, qui sont grégaires, les grosses étant toujours solitaires.

En somme c'est l'inanition qui détermine la sporulation, aussi bien dans le trophocyte artificiellement séparé de l'hôte que dans le gonocyte. Les *Oodinium* parasites tégumentaires des Appendiculaires nous en fournissent encore une saisissante confirmation. Ils tirent leur aliment de l'hôte par une riche arborisation de rhizoïdes. Mais ils s'en détachent toujours au maximum de leur croissance. Aussitôt détachés ils sporulent, d'une manière homodyname.

Cette analyse de la palisporogenèse, qui ne fait point intervenir l'état unicellulaire ou pluricellulaire des organismes, est valable aussi pour les *Ellobiopsidæ*, dont le plasmode se scinde en articles (trophomère, gonomères) par clivages perpendiculaires à l'axe de fixation, et même à *Neresheimeria* que j'ai étudiée dans une précédente Note, tous organismes à polarité trophique.

Le fait que, seuls parmi les Rhizoflagellés (y compris les Sporozoaires), les Péridiniens présentent des parasistes palisporogénétiques, est lié au mode de scission normale à l'axe de locomotion et de fixation, propre à ces Flagellés.

On conçoit, en effet, que si le clivage était longitudinal, les deux éléments résultants seraient dans des conditions trophiques parfaitement égales. Si la palisporogenèse ne s'observe pas chez les Ciliés, c'est que parmi ceux, très rares, qui sporulent, il ne s'en trouve point à polarité trophique.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les jeunes colonies du Termite lucifuge.* Note de M. **J. Feytaud**, présentée par M. P. Marchal.

J'ai montré dans une précédente Note ([1]) que la rareté classique des rois et reines vrais du Termite lucifuge (*Leucotermes lucifugus* Rossi) est plus apparente que réelle. Les résultats de mes observations sur des imagos en captivité ([2]) sont confirmés par les nouvelles études que je viens de faire en pleine nature.

J'ai découvert, en effet, de nombreuses colonies jeunes, nettement fondées par les essaimants et conservant pour la plupart, au bout de deux années, leur couple fondateur, roi et reine typiques.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1287.

([2]) J. Feytaud, *Fondation de colonies nouvelles par les sexués essaimants du Termite lucifuge* (*C. R. Société de Biologie*, 1910); *Contribution à l'étude du Termite lucifuge* (*Archives d'Anat. microsc.*, t. **13**, 1912).

Les meilleures conditions m'ont été offertes par les colonies occupant des souches de coupe récente, dont l'écorce est seule atteinte et dont le bois est encore dur : la population est presque toute étalée en surface dans la région cambiale. Un peu plus tard, après creusement de galeries dans le cœur de la souche, une bonne partie de cette population va devenir inaccessible.

L'observation des jeunes reines de mes élevages en tubes de verre montrait un allongement insignifiant de l'abdomen pendant les 18 premiers mois suivant l'essaimage, l'extension ne portant guère jusqu'alors que sur le diamètre dorso-ventral ; leur ponte était d'ailleurs peu abondante au cours de cette même période.

Or il semble qu'en pleine nature le développement des ovaires et l'extension consécutive de l'abdomen soient bien plus rapides que dans le milieu confiné des tubes, puisque des colonies, que j'ai tout lieu de considérer comme fondées depuis 24 mois, (¹) présentent des reines à gros abdomen distendu, capables de pondre 100 œufs et plus par jour.

La longueur de ces reines varie, selon les individus et les moments, de $10^{mm}$ à $14^{mm}$, dont $7^{mm}$ à $11^{mm}$ pour l'abdomen ; la largeur, qui est de $1^{mm}$ au niveau du thorax, comme au moment de l'essaimage, atteint $2^{mm},5$ au niveau de l'abdomen chez la reine mûre au stade considéré.

La position du couple, par rapport à l'axe de la souche, mérite aussi d'être mentionnée ; en mai-juin 1920, je l'ai presque toujours trouvé au Sud-Est, beaucoup plus rarement au Sud-Ouest, exceptionnellement ailleurs ; cette orientation privilégiée porte sur un point à la fois réchauffé par le soleil et garanti contre les intempéries (le vent dominant souffle de l'Ouest).

Les reines s'y trouvaient toujours à peu près au niveau de la surface du sol.

C'est sur la même face de la souche, à un niveau plus élevé, que sont les paquets d'œufs en incubation ainsi que les tout jeunes individus ; la découverte des uns et des autres est un symptôme important, guide précieux pour la recherche des individus reproducteurs.

Les colonies de deux ans que je considère sont déjà populeuses. Il est vrai que, dans la circonstance, il s'agit de souches sur lesquelles toute la population s'étale en surface et s'étend fort peu en profondeur. Mais il n'en est pas moins vrai que les petits se comptent par centaines, et par centaines aussi les ouvriers et les soldats.

Bien que les soldats soient en minorité sensible, leur pourcentage par

---

(¹) *Sur les souches de Pins coupés au printemps de* 1918.

rapport aux ouvriers est ici bien plus élevé que dans les vieilles colonies du type courant, surtout aux abords du couple royal.

Toutes les colonies de ce genre présentèrent au printemps 1920 des imagos ailées, fournissant un essaim vers le 8 mai, ce qui prouve que, contrairement à ce que je supposais naguère, l'essaimage peut avoir lieu dans des colonies très jeunes.

A la même époque les nymphes étaient fort rares. Il est donc probable que l'essaimage des jeunes termitières n'est pas renouvelé tous les ans.

Déjà certaines de mes colonies ont perdu leur reine et pourvu à son remplacement, la proportion était, dans un de mes champs de recherches, de 1 sur 5 environ : sur 46 souches dans lesquelles j'ai découvert les individus reproducteurs, 37 avaient de vraies reines et 9 des femelles néoténiques.

Ce remplacement, dont la fréquence augmentera sans doute beaucoup au cours de la troisième année, doit être regardé comme avantageux pour l'avenir des termitières. Grâce à lui la reproduction, si surprenante déjà sous le règne de la vraie reine, devient encore plus intense et la multiplication plus rapide : c'est par gros paquets et par milliers que j'ai recueilli les œufs en incubation au mois de mai dans certaines colonies de deux ans à sexués de remplacement, et j'ai trouvé dans une même souche jusqu'à 38 femelles de ce genre.

On comprend dès lors comment une colonie nouvelle, fondée par un simple petit couple d'imagos dans un milieu favorable, peut, au bout de quatre ou cinq ans, présenter une population formidable et causer d'énormes ravages.

La facilité et la fréquence avec lesquelles j'ai vu se créer des colonies de cette sorte inspirent une autre remarque : beaucoup de rondins munis de leur écorce, après un long séjour sur le sol de la forêt landaise, ont été transportés dans le nord-est de la France, pour servir soit au boisement des galeries de mines et des tranchées, soit à des constructions diverses ; il ne serait donc pas surprenant que des colonies de Termite lucifuge fussent découvertes dans cette zone ; mais le climat ne leur permettrait sans doute pas de s'y perpétuer.

En résumé, mes recherches de mai-juin 1920 conduisent aux conclusions suivantes :

1° La fondation de colonies nouvelles par les sexués essaimants est un fait courant chez le Termite lucifuge. Sur ce point, mes observations dans

les conditions naturelles confirment et précisent celles de mes élevages en tubes de verre ;

2° Les sexués essaimants peuvent fonder des colonies viables sur des souches de pin de coupe toute fraîche;

3° Deux ans après la fondation, la plupart de ces colonies possèdent encore leur couple royal, au milieu d'une population qui dépasse un millier d'individus ;

4° Les soldats, largement représentés, y sont relativement beaucoup plus nombreux que dans les colonies anciennes;

5° L'essaimage a lieu pour la première fois à la fin de la deuxième année. Il est probable qu'il n'est pas renouvelé chaque printemps;

6° Le remplacement des rois et reines débute avant la fin de la seconde année; à ce moment, le nombre des femelles néoténiques occupant la place d'une reine peut atteindre une quarantaine. Aussi ce remplacement représente-t-il un gros élément de prospérité pour la colonie.

BACTÉRIOLOGIE. — Coccobacillus insectorum *n. sp.*, *variété* malacosomæ, *bacille pathogène du sang de la chenille* Malacosoma castrensis *L.* Note de MM. **A.-Ch. Hollande** et **P. Vernier**, présentée par M. Henneguy.

Les recherches de d'Hérelle (1911), Picard et Blanc (1913), Chatton (1914), et surtout de Paillot (1913-1920) ont attiré l'attention sur les microbes pathogènes des Insectes; ce sont pour la plupart des coccobacilles mobiles, très pathogènes, qui se rencontrent dans le sang.

En mai 1920, nous avons isolé du sang de chenilles encore vivantes d'un Bombyx, le *Malacosoma castrensis* L., un coccobacille très pathogène pour cet insecte. Les individus recueillis par nous, aux environs de Nancy, vivaient sur les feuilles du *Poterium sanguisorba* L.; 50 pour 100 des individus examinés étaient infestés. Après la mort, le corps de la chenille était gonflé et exhalait une forte odeur ammoniacale.

Dans le sang des chenilles le bacille est très mobile, allongé, et mesure de 3 à 5 $\mu$; souvent deux individus sont accolés bout à bout; le microbe ne prend pas le Gram. Après coloration aux éosinates de bleu de méthylène (colorant de Hollande), les deux extrémités du corps bactérien sont plus fortement colorées. Pas de formation de spores; forme de coccobacille sur les milieux de culture.

Le coccobacille isolé pousse aussi bien à 37° qu'à la température du laboratoire. Le microbe forme à la surface du bouillon gélosé un enduit blanchâtre; les colonies sont

difficiles à isoler; vers le troisième jour, il apparaît une fluorescence verdâtre qui s'étend, dans la suite, à toute la gélose nutritive; de petits cristaux incolores, en lamelles ou en aiguilles, prennent naissance à la face postérieure de la culture.

Le bouillon ordinaire liquide se trouble uniformément; pas de voile, mais production d'une mince collerette le long des parois du tube; la fluorescence se manifeste seulement à la partie supérieure du tube (action de l'oxygène probablement nécessaire). En eau peptonée, culture peu abondante ; pas de noircissement du papier collodionné à l'acétate de plomb (1) en bouillon ou eau peptonée. Le coccobacille fait fermenter (avec souvent apparition de fines bulles de gaz) tous les sucres essayés : glucose, lévulose, lactose, galactose, mannite, maltose, arabinose, sauf inuline. Il réduit le rouge neutre en bouillon ordinaire ou glucosé ; il pousse lentement en bile de bœuf pure, plus rapidement en bile diluée ; il n'y a pas production d'indol en eau peptonée. La gélatine est liquéfiée ; le lait est coagulé ; il protéolyse le sérum gélifié de cheval avec production d'odeur putride ; il pousse très bien sur gélose glucosée de Sabouraud ; il peut être enfin anaérobie facultatif, car, ensemencé sur bouillon sous huile de vaseline, il fournit une culture abondante.

Le coccobacille isolé n'est pas pathogène pour le cobaye en injection massive intrapéritonéale (culture de 24 heures sur milieu Sabouraud).

Les chenilles de *Malacosoma castrensis* L. et de *Vanessa urticæ* sont tuées dans les 24 heures aussi bien PER OS (culture de 24 heures versée sur les feuilles) que par injection du coccobacille dans le sang. Les chenilles d'une espèce voisine, *Malacosoma neustria* L. (Bombyx neustrien) sont tuées en 12 heures après injection du microbe dans le sang ; per os, nous n'avons obtenu qu'une mortalité variant entre 30 et 63 pour cent. Nous pensons néanmoins que ce coccobacille peut être un agent actif (exaltation, au besoin, de la virulence par passage dans le sang) dans la lutte contre les chenilles du Bombyx neustrien, qui ravagent si fréquemment les vergers en dévorant les feuilles des arbres fruitiers.

La plupart des caractères culturaux que nous venons de signaler pour le coccobacille du *Malacosoma castrensis*, se retrouvent chez les coccobacilles pathogènes qui ont été décrits chez les Insectes. Nous ne ferons donc du microbe que nous avons isolé qu'une simple variété d'une espèce type que nous proposons d'appeler *Coccobacillus insectorum*, et dont les principaux caractères seraient, d'après nous, les suivants :

« Bacille plus ou moins mobile, ayant une forme courte, plus allongée dans le sang de l'insecte qu'en culture; à corps se colorant plus fortement aux deux extrémités; réaction de Gram négative; production plus ou moins accentuée d'un pigment vert fluorescent sur bouillon en présence de l'air; liquéfaction de la gélatine et protéolyse du sérum de cheval gélifié ; l'action diastasique sur les sucres et la virulence pour tel ou tel insecte pouvant varier suivant les races étudiées. »

---

(1) Cf. HOLLANDE et BEAUVERIE, *Comptes rendus Société de Biologie*, Paris, décembre 1915.

On pourrait même être tenté d'admettre, comme le suggère Paillot, que les principaux représentants de *Coccobacillus insectorum* ne sont que des mutants d'un bacille commun dans les eaux, le *Bacillus fluorescens liquefaciens* Flügge. Les études sérologiques (fixation du complément, agglutinines, précipitines) que nous poursuivons avec ces microbes, nous apporteront, sans doute, des données importantes à ce sujet.

En admettant pour l'instant la désignation que nous proposons, le coccobacille des chenilles de *Malacosoma castrensis* devrait être désigné : *Coccobacillus insectorum*, var. *malacosomæ*.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 28 juin 1920.)

Note de MM. *Pierre Thomas* et *André Chabas*, Sur le dosage de la tyrosine, etc. :

Page 1624, lignes 10 et 11, *au lieu de* très soluble, *lire* très peu soluble.

(Séance du 12 juillet 1920.)

Note de M. *Pauthenier*, Étude du rapport des retards absolus dans le sulfure de carbone pour des durées de charge croissantes, etc. :

1° Permuter les figures 1 et 2, interverties par suite d'une erreur de composition.
2° Page 105, ligne 5, *au lieu de* $116^{cm}$ à la seconde, *lire* $1160^{m}$ à la seconde.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 26 JUILLET 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

L'Académie a été frappée douloureusement la semaine dernière. Notre illustre confrère, le Docteur Guyon s'est éteint doucement, comme une lampe qui a épuisé sa dernière réserve. Il ne s'était jamais bien remis d'une chute grave qu'il avait faite il y a huit ans : sa constitution très robuste lui a permis de se maintenir encore quelque temps; il est mort dans son domicile à Paris, âgé de 88 ans.

Le Dr Guyon a été un des maîtres les plus éminents de la Chirurgie contemporaine; il a été un grand chef d'école. Professeur à l'École de Médecine, chirurgien de l'hôpital Necker, il a su grouper autour de lui de nombreux élèves; même il a organisé à Necker, à côté de son service d'hôpital, un vrai centre scientifique, pourvu à ses frais de laboratoires, d'une bibliothèque et d'un grand musée d'anatomie pathologique. Ce centre est devenu rapidement célèbre dans le monde entier.

Ses travaux originaux et ses découvertes sont multiples; ils se rapportent à l'anatomie, à la Physiologie normale et pathologique, à l'asepsie et à l'antisepsie, aux questions les plus variées de la Chirurgie des divers organes, et tout spécialement de l'appareil urinaire.

Il a découvert que, dans l'effort prolongé, la circulation carotidienne est arrêtée.

Il a signalé des faits aussi nouveaux qu'intéressants, relatifs à l'urèthre,

à la vessie et au rein avec leurs applications à la pathologie et à la thérapeutique.

Il a fait une étude complète du mécanisme de la mort dans les affections urinaires; il a reconnu avec soin les effets de la rétention et en particulier une réceptivité plus grande à l'invasion microbienne.

Il a poursuivi de nombreuses expériences sur le rein, sur sa sensibilité spéciale et les effets consécutifs à sa tension.

Ses recherches sur l'asepsie et l'antisepsie sont aussi de première importance. Partisan convaincu des idées de Lister et de Pasteur, il a étudié avec persévérance le rôle des microbes dans l'infection de l'appareil urinaire; il a proclamé la nécessité impérieuse de l'asepsie et l'importance de l'antisepsie dans les maladies de cet appareil.

On peut dire que la pathologie de l'infection urinaire était inconnue avant ses travaux et ceux de ses élèves; il a posé des règles sûres pour le diagnostic de ce qu'il a appelé la cachexie urinaire.

Sa contribution aux autres branches de la pathologie externe est aussi très notable; on lui doit un grand volume sur les opérations chirurgicales considérées dans leur ensemble.

Le professeur Guyon a pu ainsi, appuyé sur ses belles recherches scientifiques et cliniques, se spécialiser dans l'Urologie chirurgicale et acquérir dans ce domaine, à la fois comme savant et comme praticien, une situation exceptionnelle. Il a élevé très haut cette branche de la pratique médicale et lui a donné le rang qu'elle mérite. Le professeur Verneuil, lui aussi membre de notre Académie, a pu écrire à ce sujet : « L'école française d'Urologie est actuellement une des gloires les plus incontestables et les moins contestées de notre pays. »

Les progrès que la Pathologie et la Thérapeutique urinaires doivent à M. Guyon et à ses élèves sont, en effet, considérables, et, en 1892, lorsqu'il a été nommé membre de cette Académie, aucune branche de la chirurgie n'en avait fait autant. Ces progrès sont exposés dans trois grands Ouvrages et dans un nombre considérable de Mémoires et de Thèses.

Un des plus notables est l'innocuité actuelle de la lithotritie, autre fois si redoutable. Le D^r Guyon a perfectionné l'appareil instrumental, simplifié les manœuvres et réglé dans ses moindres détails l'application minutieuse de l'antisepsie. La guérison du calculeux est maintenant la règle.

Le D^r Guyon a prolongé ainsi la vie d'un grand nombre de ses contemporains, et il doit être classé parmi les bienfaiteurs de l'humanité souffrante.

Il était une des figures les plus belles et les plus nobles de notre Compagnie; il avait naturellement une dignité, une distinction et un calme remarquables, qui donnaient un grand poids à ses paroles et à son opinion. Ces qualités précieuses ont été bien mises en relief pendant sa présidence en 1911; dans ces fonctions délicates, il a montré un tact, une bonne grâce, une maîtrise que nous avons tous admiré.

Toujours simple, il a exprimé le désir de n'avoir à ses obsèques ni discours, ni délégation. L'Académie proclame hautement sa valeur et s'associe pleinement au deuil de ses enfants et petits-enfants.

M. A. **Lacroix** fait hommage à l'Académie d'une reproduction en héliogravure d'un portrait de René-Just Haüy dont l'original est conservé dans son laboratoire du Muséum d'Histoire naturelle.

HYDRAULIQUE. — *Un moyen économique d'utiliser la force des marées.* Note de M. G. **Bigourdan**.

Les marées sont une des sources les plus puissantes d'énergie facilement utilisable; et cette source, donnant ce qu'on appelle la *houille verte*, a l'avantage d'être intarissable, tandis qu'on doit envisager le moment où d'autres seront épuisées : tel est le cas du charbon de terre et surtout du pétrole.

La France, où charbon et pétrole sont insuffisants, est au contraire un des pays les plus favorisés tant au point de vue de l'importance des marées que de l'étendue des côtes où ce phénomène a une grande amplitude.

On peut donc voir là, pour l'avenir de notre pays, un facteur capital, d'ailleurs très bien placé, puisqu'il a son siège principalement sur nos côtes du Nord-Ouest, à l'opposé des sources de houille blanche des Alpes et des Pyrénées.

Enfin, plus que jamais, il importe d'utiliser toutes nos forces naturelles.

Aussi je crois devoir rappeler le principe d'un moyen que j'ai proposé en 1910 et décrit alors avec quelque détail pour utiliser cette force des marées.

D'ailleurs les prix actuels du charbon multiplient en quelque sorte sa valeur pratique.

Imaginons une cloche fixe ayant son ouverture en bas, et placée de manière à être remplie graduellement par l'eau de la mer montante : l'air

emprisonné dans la cloche va être comprimé, d'où résultera une force utilisable soit directement, soit pour élever d'autre eau, et créer une chute.

Ensuite, quand la mer descendra, il y aura une aspiration d'air, ce qui pourra être utilisé encore pour élever de l'eau. Ainsi la cloche serait l'organe fondamental d'une sorte de pompe dont le piston, actionné par le Soleil et la Lune, ferait chaque jour un peu plus de deux mouvements de va-et-vient.

Ce moyen indirect permettrait de transporter et d'utiliser la force des marées à une certaine distance, soit en plan horizontal, soit en hauteur; aussi présente-t-il, sur les moyens directs et intermittents habituels, ce triple avantage :

1° Il réduit au minimum les parties exposées à l'action destructrice de la mer;

2° Il permet l'utilisation de réservoirs naturels, lacs ou étangs, situés à des niveaux variés, et qui ne nécessiteraient que de minimes frais d'aménagement et d'entretien;

3° Il évite ainsi le grand inconvénient de l'intermittence et de l'inégalité périodique des marées.

D'ailleurs toutes ses parties sont fixes, et la manœuvre se réduit à celle de robinets ou de vannes équivalentes; il semble qu'une seule personne suffirait pour son exploitation régulière, même sur une assez grande échelle.

GÉOLOGIE. — *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires.* Note (¹) de M. **Ch. Depéret.**

J'ai décrit (²) les caractères de l'étage *Sicilien* (*Cromérien*) du bassin de la mer du Nord et de la Baltique, avec sa phase régressive du début (*Forest-bed*) et sa phase transgressive terminale (argiles d'eau profonde à *Yoldia myalis* et *arctica*). Avant de coordonner les autres étages quaternaires du Nord avec ceux de la Méditerranée, il est nécessaire d'analyser la série complexe des événements géologiques dont ces contrées ont été le théâtre. Je commencerai par les Iles Britanniques.

1. Après le dépôt des couches à *Yoldia myalis*, intervient une notable

---

(¹) Séance du 28 juin 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 159.

régression marine : les lignes de rivage s'abaissent presque jusqu'au niveau actuel. C'est ainsi que sur la côte sud du cap Flamborough, près Sewerby (Yorkshire), Lamplugh a décrit (1), cachée sous le Glaciaire inférieur, une ancienne falaise crayeuse, au pied de laquelle se montre, *très peu au-dessus de la mer*, une plage de galets, en partie *exotiques*, avec coquilles marines actuelles. D'autres plages de galets sur plates-formes littorales, analogues à celle de Sewerby, d'âge également *préglaciaire*, et comme elle de très faible altitude ($3^m$-$8^m$) ont été relevées sur de nombreux points des côtes britanniques : à la péninsule de Gower (sud du Pays de Galles), par Tiddeman (2) et Strahan (3) ; à l'île de Man, par Lamplugh ; en Irlande, sur les côtes de Meath, Dublin, Clare, Galway, et d'une façon magnifique à la baie de Courtmacsherry et à Klonakilty (Cork), par Whright et Muff (4). On ne saurait douter de l'existence d'une ligne de rivage très basse ayant précédé le maximum d'extension glaciaire des Iles Britanniques. La faune marine de ces plages ne diffère pas de la faune britannique actuelle.

2. Cette régression préglaciaire s'accentue ensuite : à Sewerby, au-dessus de la plage marine, sont des dépôts de ruissellement continentaux qui descendent *jusqu'au-dessous du rivage actuel;* on y a trouvé des Mammifères : *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Mercki*, *Hippopotamus amphibius*, *Hyæna crocuta*, *Bison*, *Cervidés*, c'est-à-dire une faune chaude, peu différente de celle du Forest-bed. De même dans les grottes littorales de Gower (Bacon Hole, Minchin Hole), on observe au-dessus des dépôts marins de ces grottes, des dépôts bréchoïdes ossifères contenant les mêmes Mammifères (5) qu'à Sewerby; deux crânes de *Rhinoceros Mercki* ont été recueillis dans le sable marin de Minchin Hole. Il est évident que tous ces animaux n'auraient pu parvenir dans les grottes, si la mer ne s'était retirée, laissant à découvert une plaine littorale assez étendue.

---

(1) Lamplugh, *On the Drifts of Flamborough Head* (*Quart. Journ. geol. Soc. London*, t. 47, 1891, p. 384).

(2) Tiddeman, *On the age of the raised beach of southern Britain as seen in Gower* (*Report british Assoc.*, Bradford, 1900; *Geol. Magazine*, t. 7, 1900).

(3) Strahan, *The country around Swansea*, 1907 (*Mem. geol. Survey, Wales south coal Field*, Part VIII).

(4) Whright et Muff, *The preglacial raised beach of the south coast of Ireland* (*Proc. Royal Dublin Soc.*, t. 10, 1904, p. 250). Voir aussi Whright, *The quaternary Ice Age*, 1914, p. 101, pl. XI et XII.

(5) Falconer, *Palæontological Memoirs and Notes*, t. 2, 1868, p. 498.

3. C'est alors seulement que commence le *Grand âge de la glace*. Un vaste *inlandsis* couvre les Iles Britanniques, sauf la région au sud de la Tamise et du canal de Bristol. Il dépose sur toute la contrée une couche de boue glaciaire à blocs et cailloux rayés, connue sous le nom général de *Boulder-clay inférieur*, et portant parfois des noms locaux (*Basement-clay* et *Purple-clay* de Cromer et d'Holderness, *Till inférieur* d'Écosse); c'est la moraine de fond du maximum glaciaire *Saxonien-Mindélien*. On observe dans ce *Boulder-clay*, *surtout au voisinage des côtes*, des coquilles marines d'espèces souvent arctiques, rarement entières, presque toujours fragmentées, et *parfois striées*, qui se présentent, de l'avis des géologues anglais modernes, comme des *éléments erratiques* arrachés du fond de la mer par la poussée de la glace, et entraînés sur la terre ferme à des altitudes variées. Nous ne connaissons jusqu'ici aucun dépôt marin contemporain de ce *Boulder-clay* inférieur.

4. Ensuite le climat s'adoucit et le grand glacier se retire. A cette *phase interglaciaire* appartiennent des sables et graviers, d'épaisseur variable, intercalés entre les deux *Boulder-clays* inférieur et supérieur. Nous touchons là l'un des points les plus discutés de l'histoire quaternaire des Iles Britanniques. Ces *graviers intermédiaires* contiennent en effet, plus encore que le *Boulder-clay*, des coquilles marines, les unes arctiques, les autres britanniques. Ces gisements coquilliers s'élèvent à de grandes altitudes : dans le Cheshire, à Macclesfield et Gloppa ($380^m$); en Irlande, au Three Rock Mountain ($400^m$), et atteignent au célèbre gisement de Moël Tryfaen, au pied du Snowdon, leur maximum d'altitude à $453^m$. Les anciens géologues anglais avaient admis l'origine marine de ces graviers et n'avaient pas reculé devant l'hypothèse d'une submersion des Iles Britanniques jusqu'à une altitude de près de $500^m$. Cependant Goodchild et Belt (dès 1874), puis Lewis, Kendall, Bell, Blake, Cl. Reid, Lamplugh, Cole, Wright, etc., ont démontré par des arguments solides (mélange de Mollusques pliocènes, faciès faunique non conforme au faciès lithologique), que ces coquilles des graviers élevés n'étaient que des *éléments remaniés* de la moraine sous-jacente par les cours d'eau interglaciaires. La légende de la grande submersion anglaise avait vécu.

Toutefois, grâce à la retraite du glacier, la mer peut atteindre à nouveau les côtes anglaises. Sur la côte d'Holderness, Prestwich dès 1861 (1), puis

(1) PRESTWICH, *Quarterly Journal geol. Society*, t. 17, 1861, p. 446.

Cl. Reid (¹) ont décrit des graviers et des sables argileux marins compris entre les deux *Boulder-clays*, c'est-à-dire *interglaciaires*. Ces couches dessinent une *ligne de rivage des plus nettes* à l'altitude de 100 pieds (33$^{m}$), et pénètrent en nombreux fiords dans le massif crayeux des Woolds; cette ligne de rivage a été tracée par Cl. Reid (*loc. cit.*, carte, p. 65) sur près de 100$^{km}$, depuis le cap Flamborough jusque bien au sud de l'estuaire de l'Humber.

La faune (61 espèces) est celle des mers britanniques actuelles, mais avec quelques éléments de climat plus tempéré (*Cytherea chione*, *Venus gallina*). Il faut signaler spécialement une coquille d'eau douce de climat chaud, *Corbicula fluminalis*, abondante dans les deux gisements de Kelsey et de Croxton, qui sont sans doute au débouché d'anciens estuaires. Je rappelle que cette coquille se trouve aussi dans les dépôts de la ligne de rivage de 30$^{m}$ du Sussex, avec une faune marine encore plus tempérée.

Au même horizon se rapporte, d'après Cl. Reid, le dépôt coquillier, en partie estuarien, qui se montre à 30$^{m}$ d'altitude à la falaise de Speeton, au-dessous du *Boulder-clay supérieur*.

Plus au Sud, les gisements marins de Little Bytham et de March (Fennland) dessinent, dans l'estuaire de l'Ouse, un autre golfe de la même mer avec une faune identique, comprenant aussi *Corbicula fluminalis*.

Plus au Sud encore, près de Yarmouth (Norfolk), des sables et graviers marins, dits *middle sands*, compris entre les deux *Boulder-clays*, s'élèvent jusqu'à l'altitude maximum de 33$^{m}$. D'après Wood et Harmer (²), leur faune comprend 80 espèces, la plupart britanniques, mais quelques-unes méditerranéennes (*Turritella incrassata*, *Limopsis pygmæa*, *Cardita corbis*, *Cytherea rudis*), dénotant une mer plus tempérée que les mers anglaises actuelles.

Des dépôts *interglaciaires* de sables, de graviers et d'argiles à coquilles marines existent également en Écosse (Tangy-Glen, Kilmaurs, île d'Arran, Paisley) et en Irlande (Kilkenny, Wexford), mais les auteurs discutent encore s'il s'agit de dépôts marins ou seulement de coquilles remaniées de la boue glaciaire sous-jacente.

L'ensemble de ces dépôts interglaciaires marins à faune tempérée répond,

---

(¹) Cl. Reid, *Geology of Holderness* (*Mem. geol. Survey*, 1885).

(²) Wood et Harmer, *Premier Supplement to the Crag Mollusca*, Introduction; *Observation on the later tertiary Geology of East Anglia* (*Q. J. G. S.*, t. 33, 1877, p. 74).

à n'en pas douter, à l'étage *tyrrhénien* de la Méditerranée avec une ligne de rivage d'altitude identique ($33^m$ au maximum).

5. Après cette phase tempérée, le climat redevient glaciaire, et un vaste inlandsis couvre à nouveau les Iles Britanniques. Cette glaciation *polonienne-rissienne* s'avance toutefois un peu moins vers le Sud que la glaciation précédente. En Irlande et dans le pays de Galles, l'avancée des deux glaciaires ne semble pas avoir été très différente ou du moins leurs limites n'ont pas été bien nettement tracées. Mais dans le centre et dans l'est de l'Angleterre, la limite du *Drift récent* décrit une ligne sinueuse qui reste à une grande distance au nord de la limite du *Drift ancien.* Le contraste topographique est saisissant entre les surfaces monotones, aplanies et coupées de profondes vallées des plaines de *Boulder-clay* inférieur et le relief plus jeune, parsemé de moraines et de drumlins du *Boulder-clay* supérieur.

6. Le glacier recule ensuite pour la seconde fois, laissant la contrée à nu et permettant à la mer de baigner à nouveau les côtes britanniques. Les géologues écossais Jamieson (¹), Yack, Peach, Horne et J. Geikie (²) ont insisté sur la constance, en Écosse, d'une *terrasse marine de* 100 *pieds*, superposée au *Till supérieur*, et pénétrant dans les fiords et dans les basses vallées de la Clyde, du Forth, de la Tay, etc. La faune extrêmement arctique (*Pecten Groënlandicus*, *Yoldia arctica*, *Tellina myopsis*) indique un refroidissement intense des eaux marines.

La terrasse marine de 100 pieds semble spéciale aux côtes écossaises; jusqu'ici on n'en connaît aucun témoin en Angleterre ni en Irlande. S'appuyant sur ce fait, M. W. Wright (³) attribue l'altitude de cette terrasse à une *surélévation isostasique* locale (due à la fonte du glacier rissien) et la regarde pour cette raison comme contemporaine de l'*argile à Yoldia* de Scandinavie. Une telle assimilation me semble inadmissible. La terrasse de $33^m$ d'Écosse est plus ancienne que les dépôts de la *mer à Yoldia*, car elle est ravinée, comme on va le voir, par les moraines würmiennes et qu'elle répond, en conséquence, à l'interglaciaire entre Riss et Würm. De plus, elle se maintient dans toute l'Écosse à une altitude constante et ne s'abaisse pas vers le Sud comme les dépôts à *Yoldia* scandinaves. J'admettrai donc

---

(¹) Jamieson, *On the History of the last geological changes in Scotland* (*Q. J. G. S.*, London, t. 21, 1865, p. 161).

(²) J. Geikie, *The great Ice Age*, Chap. XXI.

(³) Wright, *The quaternary Ice Age*, 1914, Chap. XVI.

qu'il faut la rattacher à une phase terminale de la *ligne de rivage tyrrhénienne*.

7. Ensuite intervient une troisième phase glaciaire, bien moins étendue que les précédentes et limitée à quelques massifs des Highlands, des Hébrides, des Grampians, du district des lacs, du pays de Galles et de l'Irlande. C'est une époque de grands glaciers de vallées, souvent soudés ensemble à leur débouché dans les plaines. La puissance et la fraîcheur de leurs moraines terminales rappelle celles des moraines baltiques et des moraines würmiennes des Alpes.

L'attribution de ces glaciers à l'époque *mecklenbourgienne-würmienne*, admise par J. Geikie, se trouve confirmée par les observations de Whright sur les côtes occidentales d'Écosse (*loc. cit.*, p. 370) : la branche du glacier qui débouchait du Loch Carron se termine par un cône fluvio-glaciaire qui descend plus bas que la terrasse de 100 pieds voisine, et atteint le rivage à l'altitude de $20^m$. Des faits identiques sont signalés au Glen Foras, dans l'île de Mull, et par Maufe au Loch Linnhe (Argyll). On doit en tirer la conclusion que la glaciation locale des Highlands est postérieure à la terrasse de $33^m$ et répond à une ligne de rivage de $20^m$, c'est-à-dire à la ligne würmienne.

Il est logique d'attribuer à la même ligne de rivage la terrasse marine, dite *terrasse de* 50-60 *pieds*, si répandue sur le pourtour des côtes écossaises, et qui contient, avec beaucoup d'espèces britanniques, quelques coquilles de climat plus septentrional. Cette terrasse pénètre dans les basses vallées d'Écosse où elle se relie en amont à des terrasses fluviales dont les rapports d'origine avec les moraines des Highlands n'ont pas été reconnus, et mériteraient d'être recherchés avec soin. Cette ligne de rivage de $15^m$-$20^m$ n'est pas spéciale à l'Écosse : c'est la ligne de rivage *monastirienne* dont j'ai signalé la constance sur toutes les côtes de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée.

8. Il ne reste plus à indiquer, après une *période régressive* ayant donné lieu à la formation de tourbières et de forêts submergées, qu'une dernière terrasse marine de 25 pieds, dont j'ai déjà noté la constance sur toutes les côtes atlantiques et méditerranéennes. On y a trouvé en Écosse, avec une faune marine actuelle, les premiers outils humains en pierre de l'extrême début du Néolithique, analogues à ceux du Danemark et de la Scandinavie. Mais nous sortons ici des temps quaternaires.

Le Tableau suivant résume la coordination que je crois pouvoir proposer entre les formations quaternaires des Iles Britanniques et celles de la Méditerranée.

| Lignes de rivage méditerranéennes. | Formations quaternaires des Iles Britanniques. | Lignes de rivage britanniques. |
|---|---|---|
| Étage Monastirien $15^m$-$20^m$. | Terrasse marine de 50 pieds (Ecosse, Manche). Glaciation des Highlands (Würmien)....... | $15^m$-$20^m$ |
| Étage Tyrrhénien $30^m$-$33^m$. | Terrasse marine de 100 pieds (Écosse)........ Glaciation polonienne-rissienne. | $33^m$ |
| | Graviers marins interglaciaires du Holderness, Yarmouth, Speeton, etc. Ligne de rivage de $30^m$ du Sussex.......................... | $33^m$ |
| Étage Milazzien $55^m$-$60^m$. | Glaciation saxonienne-mindélienne........... | Inconnue |
| Régression pré-milazienne. | Plages préglaciaires de Sewerby, de Gower et d'Irlande.............................. | $4^m$-$8^m$ |
| Étage Sicilien $90^m$-$100^m$. | Argiles à *Leda myalis* du Norfolk........... | $90^m$-$100^m$ probablemetn |
| Régression pré-sicilienne. | Forest-bed.............................. | $6^m$-$8^m$ |

Si l'on accepte cette coordination, toute l'histoire quaternaire des Iles Britanniques s'explique sans être obligé d'invoquer le moindre mouvement du sol, ni epeirogénique, ni même isostasique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la toxicité du fer et les propriétés antitoxiques du cuivre vis-à-vis des sels ferreux.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy.**

En solution très étendue comme celles dont on fait usage dans les expériences de culture, les sels de fer sont beaucoup trop altérables pour qu'il soit possible de se rendre un compte exact de l'état dans lequel s'y trouve le métal à un moment donné; les sels ferriques sont immédiatement hydrolysés, les sels ferreux s'oxydent plus ou moins vite, suivant la composition des liqueurs, et se changent ainsi finalement en sels ferriques qui s'hydrolysent à leur tour. Dans les deux cas le métal finit par se précipiter, à l'état de peroxyde ou de sel basique, ce qui, en le rendant inassimilable, amoindrit ses propriétés vénéneuses, mais en même temps il y a mise en liberté d'une certaine quantité d'acide qui, s'il n'est pas aussitôt neutralisé, agit, au contraire, comme puissant toxique (1). On ne saurait donc, dans une

(1) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 547.

solution nutritive contenant du fer, distinguer sûrement l'effet de ce métal de celui des autres substances qui l'accompagnent.

C'est pourquoi nous n'avons pas compris le fer parmi les éléments dont nous avons, dans une Communication antérieure, fait connaître l'influence sur la germination (¹); mais, ayant constaté que le fer et le cuivre exercent l'un sur l'autre une action qui peut se traduire par une modification profonde de la composition et des propriétés physiologiques des liqueurs où ils se trouvent mélangés, il devenait indispensable de reprendre l'étude particulière de cette question, au point de vue surtout de la différence d'action des sels ferreux et des sels ferriques, employés seuls ou en présence de chaux.

Comme sels ferreux on s'est servi indifféremment de sulfate de fer ordinaire ou de sel de Mohr, comme sel ferrique d'alun de fer ammoniacal.

Le sulfate ferreux fraîchement dissous est, comme on le savait d'ailleurs déjà, éminemment toxique, peut-être même plus encore qu'on ne le supposait, car nos essais montrent que son action est comparable à celle du sulfate de cuivre lorsqu'on l'emploie seul; comme dans tous les autres cas, la chaux fonctionne à son égard comme antitoxique, sans pourtant parvenir à en annuler complètement les effets. En présence de phosphate monopotassique cette toxicité est notablement amoindrie, mais c'est qu'alors le sel ferreux s'oxyde plus aisément et se change ainsi plus vite en sel ferrique moins actif.

Les expériences suivantes ont été faites avec des pois gris d'hiver, cultivés sur sable en soucoupes, suivant la méthode que nous avons précédemment décrite. Chaque germoir contenait 10 graines et $40^{g}$ de sable, arrosé avec $10^{cm^3}$ d'une solution renfermant les quantités de matières indiquées ci-après :

1° *Sans phosphate.*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SO^4Fe, 7H^2O$ | | $0^{mg}$. | $0^{mg},1$. | $0^{mg},2$. | $0^{mg},4$. | $1^{mg}$. | $2^{mg}$. | $4^{mg}$. |
| Racines | sans chaux | $22^{mm}$ | $21^{mm}$ | $23^{mm}$ | $22^{mm}$ | $16^{mm}$ | $14^{mm}$ | $12^{mm}$ |
| | $0^{mg},5\ CaSO^4$ | $70^{mm}$ | $62^{mm}$ | $59^{mm}$ | $54^{mm}$ | $26^{mm}$ | $17^{mm}$ | $15^{mm}$ |

2° *Avec* $50^{mg}$ $PO^4KH^2$ *et* $8^{mg}$ $CaSO^4$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SO^4Fe, 7H^2O$ | $0^{mg}$. | $2^{mg}$. | $5^{mg}$. | $10^{mg}$. | $20^{mg}$. | $40^{mg}$. |
| Racines | $42^{mm}$ | $40^{mm}$ | $27^{mm}$ | $19^{mm}$ | $10^{mm}$ | $7^{mm}$ |

Cette dernière expérience, dans laquelle on a poussé la minéralisation du liquide nourricier jusqu'à le rendre moins favorable qu'une solution étendue

(¹) MAQUENNE et DEMOUSSY, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 45.

de sulfate de chaux, montre, en même temps que l'influence antitoxique du phosphate, l'impuissance de ce dernier sel à neutraliser complètement l'action nocive qu'exerce le sulfate de fer lorsqu'on l'administre à dose un peu forte.

Si maintenant nous comparons les sels ferriques aux sels ferreux, nous constatons qu'ils sont beaucoup moins vénéneux, ce qui était à prévoir puisque la précipitation de leur métal est plus rapide.

L'expérience suivante a encore été exécutée en soucoupes, comparativement avec le sel de Mohr et l'alun ferrico-ammonique auquel, par surcroît de précaution, on a ajouté un poids de sulfate d'ammoniaque tel que la solution ferrique en contienne autant que la solution ferreuse.

| | Eau pure. | $1^{mg},4$ sel de Mohr. | $2^{mg},8$ sel de Mohr. | $7^{mg}$ sel de Mohr. | $1^{mg},7$ alun ; $0^{mg},23$ $SO^4Am^2$. | $3^{mg},4$ alun ; $0^{mg},47$ $SO^4Am^2$. | $8^{mg},6$ alun ; $1^{mg},17$ $SO^4Am^2$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Racines... | $24^{mm}$ | $17^{mm}$ | $11^{mm}$ | $11^{mm}$ | $35^{mm}$ | $39^{mm}$ | $15^{mm}$ |

La différence est aussi nette que possible; il arrive même que le sel ferrique, à faible dose, exerce une action favorable par rapport à l'eau pure, ce qui tient sans doute à la solubilisation du calcium des téguments par l'acide sulfurique de l'alun. Avec le sel de Mohr ces téguments sont fortement noircis, ainsi que le sable aux points où reposent les graines; avec l'alun, à égalité de richesse en fer, la coloration est à peine visible.

Par la méthode de culture en tubes de quartz et en présence de chaux on arrive aux mêmes résultats, avec cette seule différence que l'alun se montre alors nuisible, tandis que précédemment, en l'absence de chaux, il avait paru favorable. Ceci est conforme à toutes nos observations antérieures; il paraît être, en effet, de règle générale que l'action des toxiques est plus sensible en présence de chaux que sans chaux (1).

Les nombres suivants sont relatifs à une expérience dans laquelle on a fait usage d'une solution renfermant par litre $1^{g},687$ de nitrate de chaux cristallisé et $8^{mg}$ de fer, à l'état ferreux, ferrique ou colloïdal (oxyde préparé par dialyse).

| | Sans fer. | $FeSO^4$. | Alun. | $Fe^2O^3$ Colloïdal. |
|---|---|---|---|---|
| Racines.......... | 105 mm | 33 mm | 74 mm | 78 mm |
| Allongements...... | 82 | 14 | 41 | 58 |
| Tiges............ | 48 | 31 | 50 | 55 |

(1) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 89.

On voit que le fer à l'état colloïdal est moins vénéneux qu'à l'état de solution vraie, ce qui prouve que sous cette forme il n'est que difficilement assimilé; peut-être, même, l'action toxique qu'il paraît exercer encore est-elle due à quelque trace d'impuretés contenues dans sa pseudosolution; en tout cas il ne noircit pas les racines comme le sulfate ferreux : il y dépose seulement une couche ocreuse d'hydrate ferrique, coagulé à leur surface par les acides qu'elles sécrètent.

Dans les conditions indiquées ci-dessus les graines absorbent beaucoup moins de fer dans les solutions ferriques que dans les solutions ferreuses : après 9 jours de culture, en présence de nitrate de chaux, 5 graines de pois ont pris $0^{mg},094$ de fer au sel de Mohr et seulement $0^{mg},034$ à l'alun.

Les sels ferriques étant moins nocifs que les sels ferreux, il est clair que toute circonstance facilitant l'oxydation de ces derniers diminuera leur toxicité; c'est le cas d'une addition de phosphate monopotassique et surtout de sulfate de cuivre, dont nous avons tout récemment fait connaître l'influence catalytique sur l'oxydation des composés ferreux ([1]); d'où, comme on va le voir, l'explication toute naturelle de l'effet, également signalé par nous ([2]), qu'exerce le cuivre sur la végétation en présence de fer.

Nous avons dit plus haut qu'en présence de phosphate les graines tolèrent une dose de sulfate ferreux qui leur est funeste dans l'eau pure ou additionnée de chaux; l'expérience montre que le cuivre agit exactement de même et d'une façon plus efficace encore. Ce ne peut être que parce qu'il augmente la vitesse de transformation du sel ferreux en sel ferrique, car il reste sans effet dans les solutions qui contiennent de l'alun, c'est-à-dire dans celles où le métal se trouve déjà au maximum d'oxydation.

La culture suivante a été poursuivie pendant neuf jours, en tubes de quartz, dans une solution renfermant par litre $1^{g},687$ de nitrate de chaux et $0^{g},200$ de phosphate monopotassique, plus les quantités indiquées de sels de fer et de cuivre.

| | Sans cuivre ni fer. | 56mg sel de Mohr | | 70mg alun de fer | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | sans Cu. | $0^{mg},2\,CuSO^4$. | sans Cu. | $0^{mg},2\,CuSO^4$. |
| | mm | mm | mm | mm | mm |
| Racines | 150 | 56 | 109 | 115 | 114 |
| Allongements | 130 | 35 | 88 | 93 | 92 |
| Tiges | 105 | 76 | 77 | 93 | 87 |

Dans une expérience semblable, portant seulement sur le sel de Mohr,

([1]) MAQUENNE et DEMOUSSY, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 65.
([2]) MAQUENNE et DEMOUSSY, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1542.

on a reconnu que les graines avaient absorbé la même quantité de fer, en valeur absolue, soit $0^{mg},3$ pour cinq sujets, avec ou sans cuivre; mais les racines avaient, dans le premier cas, un développement double des autres, ce qui prouve que leur faculté d'assimilation pour le fer, alors en grande partie précipité, avait été notablement affaiblie.

Dès lors, l'action favorable que nous avons reconnue au cuivre, agissant en présence du sulfate de fer, résulte uniquement de ce fait que le sel ferreux, très toxique par lui-même, se transforme rapidement à son contact en sel ferrique, lequel, insolubilisé par hydrolyse et passage à l'état de phosphate, échappe pour la plus grande partie à toute assimilation par les racines. C'est une véritable influence antitoxique que le cuivre exerce ainsi vis-à-vis du fer, grâce à ses propriétés catalytiques dont la puissance, comme nous l'avons fait voir, est au moins égale à celle de ses propriétés vénéneuses.

Cette action antitoxique, portant surtout et peut-être uniquement sur le milieu de culture, dont elle modifie la constitution dans un sens avantageux, n'implique d'ailleurs en aucune façon la nécessité pour les racines d'absorber du cuivre. La plante qui subit ses effets n'en profite donc, ainsi que nous l'avions prévu, que d'une manière indirecte, et le rôle que le cuivre peut jouer à l'intérieur des tissus végétaux reste encore tout entier à déterminer.

Ces résultats suggèrent l'idée d'une application nouvelle des sels de cuivre en agriculture qu'il nous paraît bon de signaler. Certaines terres reposant sur un sous-sol pyriteux renferment du sulfate de fer en quantité assez forte pour en gêner l'exploitation, quelquefois même pour les rendre absolument stériles. On a alors recours à des chaulages énergiques qui, mettant l'hydrate ferreux en liberté, facilitent l'oxydation du métal nuisible; mais cette pratique, comme du reste l'abus de tous les amendements, a pour inconvénient d'épuiser à la longue les réserves naturelles du sol. Il est probable qu'on arriverait au même résultat, sans courir le risque d'appauvrir la terre, en introduisant dans les fumures une forte dose de phosphates facilement assimilables, mélangés avec une petite quantité de sulfate de cuivre. Seule, l'expérience faite en grande culture permettra de voir si cette opinion est fondée.

PHYSIOLOGIE. — *L'épreuve de l'hémoclasie digestive et l'hépatisme latent.* Note de MM. **F. Widal**, **P. Abrami** et **N. Iancovesco.**

Nous avons montré, dans une Note précédente, que chez les sujets atteints de maladies de foie avérées, telles que cirrhoses de types divers, ictères infectieux et toxiques, asystolie hépatique, cancers, l'épreuve de l'hémoclasie digestive permet de mettre en évidence, avec une grande netteté, l'insuffisance du foie à arrêter les produits protéiques incomplètement élaborés qui, au cours de la digestion d'un aliment azoté, pénètrent de l'intestin dans la veine porte. Dans ces cas, l'insuffisance protéopexique du foie se superpose aux autres insuffisances fonctionnelles de cet organe; chez les malades que nous avons étudiés, elle coïncidait soit avec l'insuffisance biliaire totale ou incomplète, soit avec l'insuffisance uréogénique et l'abaissement du rapport azotémique.

L'étude, longtemps poursuivie, d'un cas d'ictère aigu spirochètosique nous a cependant permis de constater qu'au cours de troubles hépatiques légers, on peut observer une dissociation entre l'insuffisance protéopexique et les autres insuffisances fonctionnelles du foie, et que la première peut encore déceler des altérations hépatiques qui ne se traduisent par aucun autre symptôme. Au déclin de l'ictère, en même temps que les urines de ce malade renfermaient de l'urobiline et des acides biliaires, l'épreuve de l'hémoclasie digestive était fortement positive; onze jours plus tard, alors que la réaction de Hay avait disparu et qu'il n'existait plus que de l'urobiline très légère, l'absorption d'un repas azoté ($150^{g}$ de viande et deux œufs) produisait encore une crise hémoclasique; cette même crise se retrouvait neuf jours plus tard, atténuée mais cependant évidente. Après l'ingestion de $200^{g}$ de lait, la leucocytose fléchissait de 15400 à 10800; il n'existait plus, pourtant à ce moment, aucun autre vestige clinique ni urologique des altérations hépatiques antérieures. C'est seulement sept jours plus tard que l'épreuve de l'hémoclasie digestive devenait à son tour négative, ayant ainsi survécu de quinze jours à la disparition complète de l'ictère et de sept jours à celle de l'urobilinurie. Elle constituait le dernier témoin d'une insuffisance hépatique en voie de régression.

Un pareil fait, qui suffisait à montrer l'extrême sensibilité de cette épreuve et l'intérêt qui s'attache à la recherche systématique de l'hémoclasie digestive, pour apprécier le moment où disparaissent les altérations

cellulaires du foie, nous a engagés à effectuer une série d'investigations en ce sens.

Il est une classe de produits thérapeutiques qui permettent, on va le voir, de poursuivre chez l'homme une étude véritablement expérimentale de l'insuffisance hépatique à tous ses degrés : ce sont les arsénobenzènes. Jusqu'ici on ne connaît en clinique que les grandes formes d'hépatites produites par les injections d'arsénobenzol : les ictères. Dans ces formes, dont nous avons rapporté deux exemples dans notre précédente Note, l'épreuve de l'hémoclasie digestive nous avait montré que l'insuffisance biliaire se surajoute à l'insuffisance protéopexique du foie. Il était à penser que l'ictère toxique ne représente qu'une étape déjà avancée de l'hépatisme arsenical, qu'en dehors de tout ictère, de toute manifestation clinique encore apparente, le novarsénobenzol doit produire des altérations hépatiques légères, jusqu'alors latentes, impossibles à déceler cliniquement et que l'épreuve de l'hémoclasie digestive pourrait aider à déceler. Le grand nombre des sujets qui, dans les services hospitaliers, sont soumis au traitement novarsénical, se prête à une étude rigoureuse de ces faits; il permet non seulement de chercher le retentissement sur le foie des injections d'arsénobenzènes, en pleine cure thérapeutique, mais de saisir l'insuffisance hépatique à ses débuts, d'en suivre l'évolution parallèle à la répétition et à l'augmentation des doses, et d'en évaluer la persistance, après cessation du traitement.

Grâce à l'épreuve de l'hémoclasie digestive, nous avons pu de la sorte nous rendre compte que les altérations hépatiques sont constantes au cours du traitement par le novarsénobenzol; qu'elles apparaissent d'une façon très précoce, et avec l'emploi de très faibles doses; qu'elles sont susceptibles de persister plusieurs semaines après la cessation des injections. L'ictère, seul étudié jusqu'ici, ne représente que la forme la plus sévère et, à vrai dire, exceptionnelle, de cette insuffisance hépatique créée par les arsénicaux. Dans la règle, il s'agit d'un *hépatisme latent*. Il semble que, de toutes les fonctions du foie, la fonction protéopexique soit une des plus fragiles à l'égard de l'intoxication par le novarsénobenzol; si chez certains sujets, en effet, nous avons constaté, en même temps qu'une hémoclasie digestive, un certain degré d'urobilinurie, une réaction de Hay légère, ou un abaissement du rapport azotémique, chez d'autres, par contre, ces derniers signes faisaient défaut, et seule, l'existence de l'insuffisance protéopexique témoignait d'une altération hépatique débutante ou, au contraire, résiduelle.

Voici tout d'abord quelques exemples, qui permettent de se rendre compte de la précocité avec laquelle débute l'insuffisance hépatique, au cours du traitement novarsénical. Une malade, atteinte d'aortite chronique syphilitique, reçoit 30 *centigrammes* de novarsénobenzol en injection intraveineuse. Avant l'injection, l'épreuve de l'hémoclasie digestive est négative; elle reste négative le lendemain; le surlendemain, elle devient positive. Après absorption de 200$^g$ de lait, le chiffre des leucocytes tombe de 12000 à 9600, puis à 6400, en même temps que la pression artérielle s'abaisse de 13 à 11,5. Une autre malade tabétique, reçoit 20 *centigrammes* de novarsénobenzol en deux fois, à trois jours d'intervalle. Négative avant le début du traitement, l'épreuve de l'hémoclasie digestive se montre positive trois jours après la dernière injection. Un homme, tabétique également, reçoit 20 *centigrammes* de novarsénobenzol en une fois, trois jours plus tard, l'insuffisance protéopexique apparaît. Enfin, chez un hémiplégique spécifique, une première injection de 10 *centigrammes* ne produit aucun trouble hépatique décelable; pendant les quatre jours consécutifs, l'épreuve de l'hémoclasie digestive reste négative. On refait alors une seconde injection de 10$^{cg}$, et, dès le lendemain, l'épreuve devient positive.

De même que l'exploration de la fonction protéopexique du foie permet aussi de dépister, dès ses débuts, l'adultération hépatique latente produite par le novarsénobenzol, elle fournit le moyen d'en évaluer la durée. Celle-ci se montre naturellement variable, suivant les doses de médicament injectées. A la suite d'une injection unique de 30$^{cg}$, nous l'avons vu, l'épreuve de l'hémoclasie digestive reste positive pendant treize jours, pour devenir négative à ce moment. Par contre, chez les malades qui ont été soumis à une cure thérapeutique tant soit peu intense ou prolongée, les lésions cellulaires du foie sont beaucoup plus durables; on peut les déceler encore plusieurs semaines, parfois même plusieurs mois, après la cessation du traitement.

Les cas, aujourd'hui bien connus, d'ictères tardifs consécutifs aux injections arsenicales, permettaient de prévoir cette longue persistance de l'insuffisance hépatique; dans les cas que nous avons récemment observés et où l'épreuve de l'hémoclasie digestive était fortement positive, l'ictère était survenu respectivement 25 jours et 45 jours après la fin des injections. C'est surtout dans les formes caractéristiques de l'hépatisme arsenical, quand aucun phénomène apparent ne vient attirer l'attention vers le foie, que l'épreuve de l'hémoclasie digestive prend toute sa valeur, en montrant

la longue persistance de troubles hépatiques latents, chez les sujets antérieurement traités par les arsenicaux. Nous l'avons de la sorte trouvée positive 20 jours après la cessation d'une cure de $1^g,50$ de novarsénobenzol, en onze injections, chez un malade atteint de *néphrite syphilitique à forme azotémique*, 18 et 23 jours après la cessation du traitement chez deux sujets atteints de *néphrite syphilitique à forme albuminurique*. Elle faisait défaut chez un dysentérique 2 mois après la fin d'une cure de $5^g,60$; chez un tabétique, 3 mois et demi après la fin d'une cure de $3^g,20$. Par contre, nous l'avons trouvée, dans un cas, fortement positive, 4 mois après la cessation d'un traitement particulièrement intensif; sa constatation nous a alors permis de rattacher à leur véritable cause des troubles dont la nature aurait été, sans cette épreuve, impossible à établir. Il s'agissait d'un syphilitique ancien, chez lequel, depuis plusieurs mois, était survenu un état de fatigue et de dépression accentué, en même temps qu'un amaigrissement de $9^{kg}$ et des troubles digestifs. Ayant appris que ce malade avait reçu $11^g,75$ de novarsénobenzol en seize injections dont la dernière remontait à 4 mois, nous avons pensé qu'il pouvait être atteint d'hépatisme arsenical. Malgré l'absence de tout signe objectif, l'épreuve de l'hémoclasie digestive se montra très nettement positive. Les urines ne renfermaient que de l'urobiline; la réaction de Hay faisait défaut.

En présence des résultats si nets ainsi obtenus chez les sujets traités par le novarsénobenzol, il était intéressant de rechercher si l'épreuve de l'hémoclasie digestive ne pourrait servir à dépister une insuffisance hépatique légère ou même latente, dans toute une série de cas où l'on a quelque raison de soupçonner, en clinique, une altération de la cellule hépatique.

Il en est ainsi, tout d'abord, de certaines maladies infectieuses aiguës, comme la scarlatine, la fièvre typhoïde, au cours desquelles l'atteinte du foie ne se traduit souvent que par une urobilinurie légère ou, comme l'a montré Brulé, par une rétention des sels biliaires. Sur cinq *scarlatineux* examinés à la période d'état, deux fois, l'épreuve de l'hémoclasie digestive fut positive. Dans un cas, elle coexistait avec une réaction de Hay légère; dans l'autre, cette réaction, qui était présente la veille, faisait défaut le jour où fut constatée l'hémoclasie. Chez un troisième scarlatineux, c'est une dissociation inverse qui fut observée : la réaction de Hay était positive, alors que la fonction protéopexique du foie était suffisante.

Nous avons effectué les mêmes recherches chez neuf sujets atteints de *fièvre typhoïde*. Six d'entre eux étaient en pleine période d'état; les signes d'une atteinte hépatique se traduisaient, dans deux cas, par la présence

d'une réaction de Hay, avec urobilinurie légère; dans les quatre autres, ils faisaient entièrement défaut. L'épreuve de l'hémoclasie digestive ne fut positive que chez un des deux malades, dont les urines contenaient des acides biliaires et de l'urobiline. D'autre part, chez trois autres sujets convalescents, le pouvoir protéopexique était normal.

Il est une autre classe de maladies, où l'exploration de la fonction protéopexiqne du foie était intéressante à effectuer, en raison du rôle attribué à l'insuffisance hépatique dans leur genèse : ce sont les *maladies hémorragipares*. La fréquence bien connue des hémorragies dans les formes graves des affections du foie, de même que l'action régulatrice exercée par cet organe sur la coagulation du sang, ont fait incriminer, de tout temps, les lésions hépatiques dans la production des syndrômes hémorragipares. Il était donc indiqué de rechercher si l'épreuve de l'hémoclasie digestive ne pouvait apporter un appoint en faveur de l'origine hépatique des troubles observés. Dans les deux cas d'*hémophilie* où nous avons pu l'effectuer, cette épreuve resta négative. Par contre, sur cinq cas de *purpuras primitifs* de cause inconnue, elle fut deux fois positive et particulièrement intense; il s'agissait, d'une part, d'un purpura simple rhumatoïde, avec tendance hémophilique, survenu chez une ancienne syphilitique, et, d'autre part, d'un purpura chronique récidivant, avec une coagulation sanguine normale, datant de quatre mois. Les urines de la première de ces deux malades contenaient des sels biliaires.

On pouvait encore se demander si, dans certaines maladies de la nutrition, comme le diabète, où les troubles hépatiques sont fréquemment invoqués, l'étude du pouvoir protéopexique du foie ne montrerait pas, dans certains cas, le déficit fonctionnel de cet organe. Il en est effectivement ainsi. L'épreuve de l'hémoclasie digestive, recherchée dans quatre cas de diabète, fut positive deux fois. Chez un de ces malades, le foie était hypertrophié, et il existait une urobilinurie légère, avec réaction de Hay, mais le rapport azotémique était normal. Chez l'autre, le foie était de volume normal, mais le rapport azotémique était abaissé; les urines ne renfermaient ni urobiline, ni acides biliaires.

Enfin, en l'absence de tout symptôme d'insuffisance hépatique objectivement constatable, l'épreuve de l'hémoclasie digestive nous a permis de déceler encore l'adultération du foie chez un sujet atteint de *névrite périphérique alcoolique*, et chez un *brightique chronique, azotémique*, avec $1^g,70$ d'urée sanguine, dont le foie était légèrement hypertrophié. Dans ce dernier cas, c'est bien à l'insuffisance hépatique qu'il faut attribuer le caractère positif de l'épreuve, car elle était complètement négative, chez trois

autres azotémiques, présentant l'un $1^g,60$, le second $1^g,40$ et le dernier $1^g,92$ d'urée dans le sang.

C'est au cours des processus d'origine toxique, microbienne, ou même circulatoire que la fonction protéopexique de la cellule hépatique paraît le plus fortement touchée. C'est ainsi que dans tous les cas d'intoxication arsenicale que nous avons étudiés, de même que dans les ictères infectieux et dans l'asystolie hépatique, l'épreuve de l'hémoclasie digestive recherchée chez le même sujet à différentes reprises au cours de l'évolution de l'affection s'est montrée remarquable par sa constance, par sa précocité et par sa longue persistance. Au contraire, dans les cirrhoses de types divers que nous avons observées, maladies où les lésions sont si marquées sur le tissu conjonctif et où la cellule hépatique est moins profondément touchée, l'insuffisance protéopexique n'a pas présenté la même fixité; recherchée à diverses reprises chez le même malade, elle a montré parfois, dans son évolution, des intermittences au cours desquelles elle s'atténuait jusqu'à être seulement ébauchée, pour reprendre ensuite parfois d'un jour à l'autre toute son intensité. Une cirrhotique, lors d'un premier examen, ne présenta même aucune crise hémoclasique; dans la suite, cette crise recherchée plusieurs fois fut au contraire toujours manifeste et avec une grande intensité.

On voit, par tous ces exemples, l'intérêt que présente l'étude de l'hémoclasie digestive, qui réalise sur l'homme une véritable exploration expérimentale absolument inoffensive. Il n'est pas d'épreuve dont les résultats soient plus impressionnants à constater pour le médecin à qui il suffit de faire absorber un simple verre de lait par un hépatique pour provoquer un bouleversement de tout son équilibre vasculo-sanguin. La chute de la pression artérielle, l'abaissement du nombre des globules blancs, l'inversion de la formule leucocytaire, les troubles de la coagulation, la diminution du taux des albumines du sang, sont, en effet, autant de phénomènes décelables par le sphygmomanomètre ou les procédés de laboratoire, mais qui, cependant, se déroulent silencieusement, sans qu'aucun signe ne vienne révéler au malade la perturbation qui s'opère dans l'état de sa circulation.

Cette épreuve de l'hémoclasie digestive fournit donc au médecin un moyen de plus pour apprécier la valeur fonctionnelle du foie. L'insuffisance protéopexique coïncide très souvent avec l'urobilinurie, la rétention des acides biliaires, ou l'abaissement du rapport azotémique; dans bien des cas, cependant, elle apparaît isolée et constitue alors le seul témoin d'un hépatisme latent.

M. **Alfred Grandidier**, en son nom et en ceux de ses collaborateurs, MM. **Henri Froidevaux** et **Guillaume Grandidier**, fait hommage à l'Académie du Tome IX de la *Collection des Ouvrages anciens concernant Madagascar : Histoire de la grande île de Madagascar*, par Flacourt (1642-1660), seconde Partie, et *Mémoires sur l'île de Madagascar*, par François Martin (1665-1668).

## PLIS CACHETÉS.

M. **André Blondel** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 6 janvier 1919 et inscrit sous le n° 8608.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient le Mémoire suivant : *Nouvel appareil optique pour la mesure des oscillations de vitesse et des écarts angulaires.*

## CORRESPONDANCE.

MM. **Charles Doyère**, **Fernand Gossot**, **Ferdinand Le Cerf** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Comparaison des longueurs d'onde d'une raie de bande du cyanogène dans la lumière du Soleil et dans celle d'une source terrestre.* Note de **M. A. Perot**, présentée par M. H. Deslandres.

M. Einstein a annoncé que, d'après la théorie de la relativité généralisée, le rapport des périodes ou des longueurs d'onde d'une raie d'un corps, émise par une source solaire et par une source terrestre devait être égal à $1+2.10^{-6}$. J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le résultat de l'essai de la vérification de cette conséquence sur la tête de la deuxième bande du cyanogène, de longueur d'onde 4197 Å.

Du moment où, comme je l'ai trouvé antérieurement [1], la longueur

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 988.

d'onde de la raie terrestre n'est pas absolument indépendante de la pression, la vérification tentée paraît à première vue très incertaine, car on ne peut déterminer directement la pression dans la région du Soleil où se trouve la vapeur absorbante; toutefois la mesure de la longueur d'onde de la radiation pour différentes régions du disque a montré qu'elle est affectée par les causes de trouble révélées par les spectrohéliogrammes faits à Meudon à l'aide des raies $K_2$ et $K_3$ du calcium par MM. d'Azambuja et Burson. Dans mes expériences, la lumière d'une petite région du disque (égale à $\frac{1}{80}$ de la surface totale) donne une longueur d'onde trop grande quand cette région comprend une plage faculaire et une longueur d'onde trop petite quand elle renferme une fraction de filament, ce qui correspond bien aux mouvements descendants des plages faculaires et ascendants des filaments que M. Deslandres a trouvés antérieurement pour les couches élevées du calcium (¹). Ces variations de longueur d'onde montrent que la région absorbante qui produit la raie ne se trouve pas dans les couches basses à forte pression de l'atmosphère solaire, et que par suite il y a lieu d'en comparer la longueur d'onde à celle des sources terrestres à basse pression.

Il ne semble pas d'ailleurs que la couche se trouve aux très hautes altitudes pour la raison que voici : en comparant la longueur d'onde de la région centrale à celle des régions voisines des pôles, à la latitude moyenne de 46° (assez éloignées du bord pour que le déplacement vers le rouge y soit insensible), j'ai trouvé une prédominance de la longueur d'onde centrale de $0,28 . 10^{-6}$ en valeur relative, correspondant à une vitesse de chute des centres absorbants de $0^{km},27$ seulement, plus faible que celle des métaux que j'ai étudiés antérieurement (²), la vapeur ne se trouverait pas dans les couches très élevées.

La correction due au mouvement de descente des centres absorbants, calculée en partant de ces données, atteint $0,63 . 10^{-6}$.

Nécessairement, j'ai dû consulter les spectrohéliogrammes journaliers pour discuter et interpréter les mesures faites.

La source terrestre était l'arc voltaïque entre charbons à la pression atmosphérique, l'intensité était 10 ampères et la lumière prise normalement à l'arc. Pour ramener la source à être à basse pression, j'ai, toujours en valeur relative, augmenté sa longueur d'onde de $1,6 . 10^{-6}$.

31 mesures ont été faites de la différence entre la longueur d'onde solaire

---

(¹) *Annales de l'Observatoire de Meudon*, t. 4.

(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1367; t. 154, 1912, p. 326 et 1684.

et celle de la source terrestre, 17 de l'écart entre la longueur d'onde du centre et celle des régions voisines des pôles; elles ont été effectuées du 8 mai au 29 juin de cette année à l'aide du spectroscope interférentiel de l'Observatoire de Meudon. La lame argentée à faces parallèles avait $5^{mm}$ d'épaisseur. L'image du Soleil, fournie par un miroir concave, se forme sur une plaque de cuivre graduée au centre de laquelle est percé un trou circulaire. La lumière de la région projetée sur le trou pénètre dans le spectroscope; en déplaçant l'image solaire, on peut prélever la lumière de la partie du Soleil sur laquelle on veut opérer. Un régulateur à main, placé contre la plaque de cuivre, permet de substituer au faisceau solaire celui de l'arc électrique.

Les régions de la surface solaire étudiées ont été : la région centrale, désignée par la lettre C, deux régions dont les centres, situés sur le méridien central, sont à une distance du centre de l'image égale à 0,722 du rayon; elles sont désignées par les lettres N et S, enfin deux régions appelées O et E semblablement situées sur l'équateur.

Les opérations principales ont toutes été photographiques; au milieu de chaque pose l'épaisseur de l'étalon était repérée à l'aide de la lumière de l'arc au mercure dont les anneaux étaient mesurés avec une lunette micrométrique, ainsi que je l'ai indiqué antérieurement. Les diamètres des anneaux photographiques ont été déterminés avec une lunette à oculaire micrométrique; M. Jelstrup a bien voulu m'aider dans ces opérations.

Les corrections dues au mouvement de la Terre relativement au Soleil ont été faites par les formules usuelles.

Voici le détail des résultats obtenus :

| | Comparaison Soleil—Arc. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Dates. | C. | $\frac{N+S}{2}$. | N. | $\frac{O+E}{2}$. | Comparaison C — N ou C — S. |
| 8 mai........ | ″ | ″ | +1,25 | ″ | +1,39 |
| 11 » ........ | ″ | +2,00 | ″ | ″ | +0,96 |
| 11 » ........ | ″ | ″ | ″ | ″ | +1,12 |
| 21 » ........ | +2,00 | +2,01 | ″ | +2,14 | −0,03 |
| 21 » ........ | ″ | ″ | ″ | +2,31 | ″ |
| 22 » ........ | +1,59 | +2,01 | ″ | ″ | −0,42 |
| 28 » ........ | ″ | +2,98 | ″ | ″ | ″ |
| 28 » ........ | +2,85 | +2,71 | ″ | ″ | +0,36 |
| 31 » ........ | +1,72 | +1,68 | ″ | ″ | +0,04 |
| 3 juin........ | +2,85 | +2,76 | ″ | ″ | +0,11 |
| 8 » ........ | ″ | +2,54 | ″ | ″ | −0,09 |

| Dates. | Comparaison Soleil—Arc. | | | | Comparaison C — N ou C — S. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\frac{N+S}{2}$. | N. | $\frac{O+E}{2}$. | |
| 9 juin........ | // | +2,02 | +2,64 | // | +0,22 |
| 10 » ........ | // | +1,76 | // | // | // |
| 15 » ........ | // | // | // | // | −0,54 |
| 18 » ........ | +1,88 | // | // | // | +0,52 |
| 18 » ........ | +1,73 | // | // | // | +0,12 |
| 22 » ........ | // | // | // | // | +0,20 |
| 24 » ........ | // | +2,21 | // | // | // |
| 25 » ........ | +2,13 | +2,14 | // | // | −0,01 |
| 25 » ........ | // | +2,88 | // | // | // |
| 26 » ........ | // | +2,70 | // | // | // |
| 28 » ........ | // | +2,80 | +2,00 | // | // |
| 29 » ........ | // | +2,27 | +3,20 | // | +0,24 |
| 29 » ........ | // | +1,07 | // | // | +1,00 |

*Moyennes.*

| | |
|---|---|
| Différence Soleil—Arc........................ | 2,22 |
| Différence C — N ou C — S.................. | 0,28 |

Les erreurs moyennes sont 0,10 pour la première série, 0,11 pour la seconde.

En résumé, la longueur solaire est plus grande que la longueur d'onde terrestre, leur différence est en valeur relative $(2,22 \pm 0,10).10^{-6}$ ou 0,009 Å en valeur absolue.

Si l'on tient compte du mouvement de descente des centres absorbants, cette différence est ramenée à $(1,6 \pm 0,3).10^{-6}$ en valeur relative et 0,007 Å en valeur absolue.

Le nombre d'Einstein est compris entre le nombre brut et le nombre corrigé.

ASTRONOMIE. — *Découverte et observations de la comète* 1920 *b* (*Schaumasse*). Note de M. **A. Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Cette comète fut découverte, dans la nuit du 18 juillet, avec l'équatorial coudé de $0^m$, 40 d'ouverture de l'Observatoire de Nice. Voici les premières observations obtenues :

| Dates. 1920. | Temps moyen de Nice. | ΔÆ. | ΔⒹ. | Nombre de comp. | Æ apparente. | Log. fact. parall. | Déclinaison apparente. | Log. fact. parall. | ⋆. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h m s | m s | ′ ″ | | h m s | | ° ′ ″ | | |
| Juill. 18.... | 14. 6. 4 | −2.29,81 | −1.46,0 | 15:10 | 1.47.52,82 | $9,564_n$ | −1.13.40,3 | 0,789 | 1 |
| » 18.... | 14.39.37 | −2.26,47 | −1.53,4 | 15:10 | 1.47.56,18 | $9,518_n$ | −1.13.47,7 | 0,791 | 1 |
| » 19.... | 13.52. 7 | −1.40,35 | −2.10,8 | 15:10 | 1.50.19,42 | $9,577_n$ | −1.15.13,0 | 0,789 | 2 |
| » 20.... | 13.59.56 | −2.19,85 | +6.33,6 | 15:10 | 1.52.46,72 | $9,578_n$ | −1.16.55,4 | 0,789 | 3 |

*Positions des étoiles de comparaison.*

| ⋆. | Gr. | Æ moyenne 1920,0. | Réduction au jour. | Déclin. moyenne 1920,0. | Réduction au jour. | Autorités. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h m s | s | ° ′ ″ | ″ | |
| 1.......... | 9,3 | 1.50.20,30 | +2,35 | −1.12. 9,1 | +14,8 | Alg. ph. ⋆ 8 Cl. 5-2° |
| 2.......... | 9,3 | 1.51.57,40 | +2,37 | −1.13.17,1 | +14,9 | Alg. ph. ⋆ 21 Cl. 5-2° |
| 3.......... | 8,4 | 1.55. 4,19 | +2,38 | −1.23.44,0 | +15,0 | Alg. ph. ⋆ fond. |

*Remarques.* — La comète de grandeur 11-11,5, est une nébulosité diffuse, de 2′,5 d'étendue, présentant, dans une région passant un peu avant et au-dessous du centre géométrique, une condensation qui ressort peu et se pointe difficilement.

Des calculs rapides ont montré que cette comète était probablement la seconde comète périodique de Tempel. Une éphéméride de cette dernière avait été publiée dans la circulaire n° 4, du Bureau international des Télégrammes astronomiques, mais en s'écartant même beaucoup des positions données, on l'avait vainement cherchée, notamment les 15 et 20 juin et le 14 juillet.

ASTRONOMIE. — *Identité probable de la comète* 1920 *b* (*Schaumasse*) *avec la comète périodique Tempel₂*. Note de M. **G. Fayet**, présentée par M. B. Baillaud.

Au début de juin, un télégramme transmis par l'Observatoire d'Harvard (États-Unis) faisait connaître que la comète périodique $Tempel_2$ avait été retrouvée le 25 mai, par M. Kudara, à Kyoto (Japon). L'objet, visible dans un petit télescope, se trouvait alors à la position

$$Æ = 20^h 56^m; \quad \text{décl.} = -4°53'.$$

La situation de l'astre était très différente de celle assignée par les calculs de prédiction : il fallait, pour expliquer cet écart, admettre *une erreur*

*de 25 jours dans la date prévue pour le passage au périhélie* et encore, en acceptant cette correction vraiment anormale, ne parvenait-on à représenter l'observation de M. Kudara que d'une façon très imparfaite ($2^m 22^s$ en Æ et 18′ en décl.).

En outre, fait surprenant puisqu'il s'agissait d'un objet accessible aux petits instruments, aucune autre observation n'est parvenue à notre connaissance depuis le télégramme d'Harvard.

Dans la nuit du 18 juillet, M. Schaumasse a trouvé, à l'aide de notre équatorial coudé (de $0^m,40$ d'ouverture), une comète de onzième grandeur et que l'on crut nouvelle puisqu'elle se trouvait à 40° de la position de la comète Tempel calculée en partant de l'observation Kudara.

Malgré cela, il m'a paru intéressant de rechercher s'il n'y avait pas quelque erreur dans ce qui précédait, et j'ai essayé une identification entre l'objet découvert par M. Schaumasse et la comète Tempel; en partant des éléments publiés par M. Maubant (*A. N.*, 183, p. 289) pour cette comète périodique, il m'a été possible, en admettant une *avance de* $6^j,44$ *dans l'époque du passage au périhélie du présent retour* (ce qui revient à augmenter le moyen mouvement de 1″,16) de représenter presque exactement, soit à moins de 2′, l'observation faite à Nice le 18 juillet; en outre, les mouvements géocentriques calculés et observés sont identiques. Il me semble donc à peu près certain que la comète retrouvée par M. Schaumasse n'est autre chose que la comète périodique en question.

Reste à expliquer l'observation faite à Kyoto :

Or, en admettant que l'objet trouvé à Nice est la comète $\text{Tempel}_2$ (c'est-à-dire en acceptant, pour les éléments Maubant, la correction indiquée précédemment), on trouve, qu'à la date du 25 mai, cette comète périodique devait se trouver au voisinage de la position

$$Æ = 22^h 57^m; \qquad \text{décl.} = -4° 53'.$$

Ce sont précisément les nombres télégraphiés par l'Observatoire d'Harvard, avec une *différence de deux heures dans l'ascension droite*. Ainsi tout serait expliqué par une erreur d'un chiffre dans la transmission.

Il n'en subsiste pas moins que, sans la découverte de mon collaborateur, cette comète intéressante n'aurait pu être suivie pendant l'apparition de 1920.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique Tempel II (Schaumasse) 1920 a, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

| Dates. 1920. | Temps moyen de Besançon. | ΔAR. | ΔD℘. | Nombre de compar. | Ascension droite apparente. | Log. fact. parallaxe. | Dist. polaire apparente. | Log. fact. parallaxe. | ★. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h m s | m s | ′ ″ | | h m s | | ° ′ ″ | | |
| Juil. 20.. | 13.46.50 | −2.20,82 | − 6.35,8 | 9: 6 | 1.52.45,75 | $9,553_n$ | 91.16.55,4 | $0,815_n$ | *a* |
| » 20.. | 14.25.14 | −2.17,14 | − 6.30,8 | 9: 6 | 1.52.49,43 | $9,507_n$ | 91.17. 0,4 | $0,816_n$ | *a* |
| » 21.. | 14. 6.20 | −2.17,10 | + 2.49,7 | 9: 6 | 1.55.11,83 | $9.530_n$ | 91.18.54,1 | $0,815_n$ | *b* |

*Positions moyennes des étoiles de comparaison.*

| ★. | Gr. | AR 1920,0. | Réduction au jour. | D℘ 1920,0. | Réduction au jour. | Autorités. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h m s | s | ° ′ ″ | ″ | |
| *a*......... | 8,4 | 1.55. 4,19 | +2,38 | 91.23.46,2 | −15,0 | A.G. Nicolajew 393. |
| *b*......... | 8,5 | 1.57.16,53 | +2,40 | 91.16.19,4 | −15,0 | A.G. Nicolajew 401. |

*Remarques.* — La comète, estimée de 11e grandeur, a une condensation assez mal définie située au SW de la chevelure, laquelle semble s'allonger à l'opposé sur 1′ à 1′.5 d'étendue.

THERMODYNAMIQUE. — *Les isothermes au voisinage de l'état critique. La détente adiabatique des fluides saturés.* Note de M. **C. Raveau**.

I. Reprenons les considérations de continuité si heureusement introduites par M. G. Bruhat [1] dans l'étude des environs de l'état critique. Nous remarquerons d'abord que la continuité de $\frac{\partial p}{\partial \mathrm{T}}$ entraîne, d'une part l'égalité de ce quotient et du $\frac{dp}{d\mathrm{T}}$ relatif à la tension de vapeur, d'autre part la condition $\frac{\partial p}{\partial v} = 0$. Les variations de $p$, $v$, T à partir de l'état critique obéissent alors à l'équation

$$\Delta p - \frac{dp}{d\mathrm{T}}\,d\mathrm{T} - \frac{1}{2}\,\frac{\partial^2 p}{\partial \mathrm{T}^2}\,d\mathrm{T}^2 = \alpha\,dv^3 + \beta\,dv^4 + d\mathrm{T}(\gamma\,dv + \delta\,dv^2) + \ldots.$$

La forme de l'isotherme critique donne les conditions $\alpha < 0$, $\beta > 0$;

(1) G. Bruhat, *Les propriétés des fluides au voisinage du point critique et les équations caractéristiques* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1173).

l'inclinaison de la tangente d'inflexion des isothermes, $\gamma < 0$; la position du point d'inflexion, $\delta > 0$.

Première approximation. — Négligeons $\beta$ et $\delta$. L'isotherme théorique admet un point d'inflexion I d'abscisse $dv = 0$. La condition de Maxwell, ou même ici la simple raison de symétrie, fait passer par ce point I la partie rectiligne LV de l'isotherme expérimentale, qui s'y trouve divisée en deux parties égales. La demi-longueur $\eta$ de LV est, conformément à la première équation (5) (p. 1174) de M. Bruhat,

(1) $$\alpha\eta^2 + \gamma\,\delta\mathrm{T} = 0.$$

Seconde approximation. — *L'introduction des termes $\beta\,dv^4$ et $\delta\,d\mathrm{T}\,dv^2$ fait varier l'ordonnée du segment rectiligne* LV *et l'abscisse de son milieu.*

Le terme $\delta\,d\mathrm{T}\,dv^2$ entraîne un déplacement du point d'inflexion :

1° L'abscisse devient $-\frac{\delta}{3\alpha}d\mathrm{T}$ ou $\frac{\delta}{3\gamma}\eta^2 < 0$;

2° L'ordonnée croît de $-\frac{\gamma\delta}{3\alpha}d\mathrm{T}^2 < 0$.

Le terme $\beta\,dv^4$ impose au segment LV, par rapport au point d'inflexion, trois déplacements:

3° La courbe est déformée de part et d'autre du point d'inflexion; les points L et V subissent une variation d'abscisse $\left(-\frac{1}{2\alpha\eta^2}\right)\beta\eta^4 = -\frac{\beta}{2\alpha}\eta^2 > 0$;

4° Les aires limitées par la courbe et la transversale LIV s'accroissent de la quantité $\frac{\beta}{5}\eta^5$; la condition de Maxwell exige que cette droite soit relevée de $\frac{\beta}{5}\eta^4$ ou $\frac{\beta}{5}\frac{\gamma^2}{\alpha^2}d\mathrm{T}^2 > 0$;

5° Ce relèvement entraîne pour L et V une nouvelle variation d'abscisse égale à $\left(-\frac{1}{2\alpha\eta^2}\right)\left(-\frac{\beta\eta^4}{5}\right) = \frac{\beta}{5.2\alpha}\eta^2 < 0$.

La somme des termes 1°, 3°, 5° nous fournit immédiatement la seconde équation (5) de M. Bruhat, *avec sa signification géométrique.*

*Des termes* 2° *et* 4° *résulte la condition nouvelle*

$$\frac{1}{2}\left(\frac{d^2p}{d\mathrm{T}^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial\mathrm{T}^2}\right) = -\frac{\gamma\delta}{3\alpha} + \frac{\beta}{5}\frac{\gamma^2}{\alpha^2}.$$

C'est bien à cette forme simple que se réduirait, tous calculs effectués, la relation (7) de M. Bruhat.

II. Passons à la détente adiabatique. A partir d'un état quelconque parfaitement stable, on peut imaginer deux formes de détente adiabatique

réversible, qui respectent l'homogénéité de la température et de la pression. Dans la détente *métastable*, tout changement d'état est suspendu, le titre $x$ est invariable; dans la détente *stable*, ce changement peut se produire librement.

Soient $\cot\alpha'$, $\cot\beta'$ les valeurs de $\frac{\partial v}{\partial p}$ relatives à ces deux modes de détente. Considérons deux états parfaitement stables $A(p, T, x)$, $B(p+dp, T+dT, x)$. Passons de A à B par deux circuits réversibles composés chacun d'un segment d'isotherme et d'un segment d'adiabatique, le premier circuit ACB étant stable, le second ADB métastable. Le cycle fermé réversible ACBDA n'échange de chaleur avec l'extérieur qu'à la température T. Son aire est nulle. Ainsi se trouve étendue à un cas général, avec une démonstration plus simple, ce que j'ai appelé la réfraction des adiabatiques [1].

Appelons P le point d'intersection, purement géométrique, de BD et AC. Les deux aires BCP, APD sont égales [2]. La seconde est la moitié de l'aire d'un cycle de Carnot de diagonale AP. Soient $dQ$ la chaleur absorbée de A à B, c'est-à-dire de A à D, $dT'$ la variation de température entre D et P; l'égalité des aires s'écrit

$$dp^2(\cot\beta' - \cot\alpha') = \frac{J\,dQ\,dT'}{T}. \tag{2}$$

Mais $dQ$ est aussi la chaleur absorbée dans la transformation métastable AP à pression constante. Posons $dQ = \Gamma\,dT'$, nous obtiendrons une formule générale qui renferme l'équation (6) (p. 162) démontrée par M. Bruhat [3] dans une Note récente.

Voici encore un autre moyen d'obtenir cette formule. Appelons $\mu_1 - \mu_2$ la différence des potentiels (de Gibbs) des deux fluides, différence qui reste toujours nulle dans une transformation stable. L'analogie avec l'expression classique de $C - c$ fournit immédiatement une expression de $\cot\beta' - \cot\alpha'$ dont un calcul simple donne la valeur

$$\left(\frac{\partial(\mu_1 - \mu_2)}{\partial p}\right)_x \left(\frac{\partial x}{\partial p}\right)_{\mu_1 - \mu_2} = \left(\frac{S_1 - S_2}{\Gamma}\,\frac{dQ}{dT}\,\frac{dT}{dp}\right)\left(\frac{dQ}{dT}\,\frac{1}{T(S_1 - S_2)}\,\frac{dT}{dp}\right).$$

(1) C. Raveau, *Sur les propriétés calorimétriques d'un système de liquide et de vapeur* (*Journal de Physique*, 3e série, t. **1**, 1892, p. 461).

(2) Le signe de l'une de ces aires se déduit *a priori* de la considération de deux cycles triangulaires accouplés dont les éléments sont décrits en sens inverse [voir ma Note *Stabilité et déplacement de l'équilibre* (*Comptes rendus*, t. **148**, 1909, p. 767)].

(3) G. Bruhat, *Remarques sur la détente des vapeurs saturées* (*Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 162).

Au point critique, la relation (2) conduit au résultat *sans qu'on ait à lever d'indétermination*. D'ailleurs en ce point les choses se passent simplement, parce que, dans l'expression $c\,dT + l\,dv$, $c$ seul est discontinu et que l'on peut poser immédiatement

$$\cot\beta = -\frac{Jc}{T\left(\frac{dp}{dT}\right)^2}, \qquad \cot\alpha = -\frac{Jc_1}{T\left(\frac{dp}{dT}\right)^2},$$

$c_1$ étant la capacité calorique à volume constant à l'intérieur de la courbe de saturation.

J'ai fait connaître (¹) la valeur de la différence $c - c_1$ en fonction de $\frac{\eta^2}{dT}$; il suffit alors de remplacer ce quotient par la valeur qu'en donne la relation (1) pour retrouver l'équation (8) (*loc. cit.*, p. 163) de M. Bruhat.

PHYSIQUE. — *Sur le récepteur téléphonique auto-détecteur pointe-cristal ou pointe-métal.* Note de M. **R. Dongier**, présentée par M. J. Violle.

I. Une tension électrique, appliquée aux bornes d'un contact *pointe-cristal* ou *pointe-métal*, produit un courant qui a pour effet d'engendrer, entre la pointe et le cristal ou le métal, une réaction élastique. Celle-ci provoque, à son tour, la déformation du système des corps en contact.

Un changement déterminé de la tension électrique entraîne une modification correspondante de la réaction élastique et de la déformation.

Ces deux effets sont solidaires du courant dont ils suivent fidèlement et sans retard les variations; leur importance dépend de la nature des corps en contact et de l'intensité du courant. Suivant les circonstances, ils peuvent présenter des écarts notables, se manifester avec force ou être inappréciables.

II. En 1913 j'observais, comme ont dû sans doute le faire beaucoup d'autres, que le détecteur à galène, placé dans des conditions convenables, rendait un son sous l'influence des émissions radiotélégraphiques du poste de la Tour Eiffel.

Je me suis proposé d'étudier ce phénomène et d'en amplifier les effets. M. Brazier voulut bien m'aider dans ce travail. Nous avons procédé à de nombreuses expériences, dont les résultats ont été présentés à l'Académie le 13 octobre 1913.

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1305 (dans une Note de M. Amagat).

Nous avons réalisé, sur ce principe, un détecteur chantant, haut parleur, composé d'une capsule de phonographe Pathé avec pavillon, dont la plaque vibrante porte une pointe s'appuyant sur le métal oxydé ou sur la galène, puis une sorte de téléphone, d'un maniement beaucoup plus commode.

Ces instruments, qui jouissent des propriétés du téléphone ordinaire à électro-aimant et sont auto-détecteurs, nous servent, depuis 1913, à recevoir les signaux radiotélégraphiques.

Sur mon conseil, M. Brazier poursuivit cette étude, que la guerre le força à interrompre, non sans avoir reconnu, en août 1914, que, lorsque l'on fait passer, à travers un contact, une pointe d'acier-galène sensible, un courant d'intensité croissante à partir de o, la différence de potentiel entre la pointe et la galène décroît d'abord progressivement, puis cesse brusquement de décroître, après avoir atteint une valeur légèrement supérieure à 1 volt, et se maintient constante dans des limites assez larges de variation de l'intensité.

III. Récemment M. Fallou (1) a apporté une contribution intéressante sur ce sujet. D'autre part, Mlle Collet (2) a annoncé que, dans un circuit parcouru par des ondes entretenues de haute fréquence, un microphone à charbon fait rendre au haut parleur pointe-galène un son renforcé et que la parole ou le chant sont reproduits avec une parfaite netteté.

Ce résultat remarquable me paraît se rattacher nettement au fait que le téléphone pointe-galène ou pointe-métal est auto-détecteur, et, par suite, capable de fonctionner dans les mêmes conditions que le téléphone à électro-aimant associé à un détecteur.

J'ai constaté, dans le circuit parcouru par un courant d'ondes entretenues de haute fréquence, de 30 milliampères environ d'intensité efficace, que la réception de la parole était nette, non seulement avec le téléphone pointe-galène, mais aussi avec le téléphone pointe-métal. Cette observation apparaît comme la conséquence directe des faits déjà constatés, le pouvoir rectifiant du contact pointe-métal étant bien établi puisqu'il permet de recevoir les signaux radiotélégraphiques sans le concours d'un détecteur ordinaire.

J'ai opéré aussi *en courant continu*. Par le jeu d'un commutateur inverseur, il est possible de déterminer à tout instant l'influence de la polarité,

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1308.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1375.

aux bornes du contact pointe-galène ou pointe-métal, sur l'intensité du courant. Cette intensité dépend de la résistance du circuit et de la résistance du contact; celle-ci varie dans des limites étendues suivant les conditions du contact, elle peut atteindre et même dépasser une cinquantaine d'ohms. J'ai constaté que *le récepteur téléphonique pointe-galène reproduit fidèlement, et avec une perfection remarquable, le timbre de la voix*. Ici la détection n'intervient pas. On augmente le renforcement si l'on fait grandir l'intensité du courant.

Lorsque l'intensité devient trop forte, la netteté s'en ressent, la parole se voile et des grésillements se produisent. Des manifestations analogues ont lieu lorsqu'on augmente la force électromotrice. Dans le voisinage de 4 volts, avec un courant de l'ordre de 30 milliampères, on obtient de bons résultats. Avec une galène sensible, le son est plus renforcé lorsque l'afflux positif du courant va du cristal à la pointe que lorsqu'il chemine dans le sens opposé. Cela tient à ce que, dans le premier cas, l'intensité du courant est notablement plus grande que dans le second. Par exemple, toutes choses égales d'ailleurs, en renversant la polarité on obtient, dans un sens, puis dans l'autre : 30 et 4 milliampères, 65 et 6, puis 30 et 9, etc.

Le récepteur téléphonique pointe-métal substitué au précédent donne, dans les mêmes conditions, une réception aussi parfaite; toutefois, pour des intensités égales, le renforcement est moins accentué. On ne produit pas de différence notable dans le courant ou le renforcement sonore si, au moyen de l'inverseur, on change la polarité.

*Conclusions.* — Ces résultats ne contredisent pas les faits observés récemment par M. Fallou, sur les contacts métalliques, par M^lle^ Collet et M. Florisson (¹) sur le contact rectifiant galène-métal. Ils conduisent à penser qu'un courant variable provoque deux effets distincts au contact des corps qu'il traverse. Le premier, qu'on pourrait appeler *effet de résonnance*, détermine une action élastique, dont la grandeur est liée à l'énergie mise en jeu. C'est ce phénomène qui donne à notre récepteur les propriétés du récepteur téléphonique ordinaire. Le second, qu'on pourrait appeler *effet rectifiant*, est caractérisé par un afflux positif de la pointe au métal ou, dans les cas de grandes énergies, de la pointe à la galène. Cet effet reste aussi mystérieux que celui observé sur la galène sensible, soumise à de faibles énergies; l'afflux positif chemine alors du cristal à la pointe.

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 106.

PHYSIQUE. — *Correspondance des corps à l'état solide.* Note [1] de M. **Félix Michaud**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Les surfaces caractéristiques des divers corps, construites en prenant pour unités spécifiques les constantes critiques, sont superposables; c'est cela qui constitue la loi des états correspondants. Ce n'est là toutefois, comme on sait, qu'une loi approchée : les surfaces s'emboîtent exactement dans la région du point critique, mais se séparent lorsqu'on s'en éloigne, et, dans la région du solide particulièrement, les écarts deviennent énormes.

On a généralisé la loi des états correspondants en faisant coïncider non plus les points critiques, mais des points homologues quelconques [2], et prenant comme unités spécifiques les coordonnées de ces points. On peut ainsi, en principe, obtenir une superposition parfaite des surfaces en une région choisie arbitrairement, quitte à renoncer à la coïncidence exacte des points critiques. En pratique, on se trouve arrêté par la difficulté de trouver des points homologues susceptibles d'être repérés avec précision. Cette difficulté n'est pourtant pas insurmontable, et M. Daniel Berthelot a signalé, dans la région du gaz, trois points pouvant remplacer le point critique comme centres de correspondance [3]. L'objet de cette Note est de montrer qu'il en existe un autre dans la région du solide, c'est-à-dire là où les écarts avec la loi ordinaire des états correspondants rendent l'usage d'un tel point particulièrement utile.

2. On connaît maintenant, pour un certain nombre de corps, les valeurs des chaleurs spécifiques aux très basses températures. Pour tous les corps étudiés, la chaleur spécifique C tend vers zéro quand la température T se rapproche du zéro absolu, et il en est de même de la dérivée $\frac{dC}{dT}$. Le quotient $\frac{C}{T}$ doit donc s'annuler pour $T = 0$, et comme il tend vers zéro pour $T\infty$, il passe nécessairement par un maximum. C'est ce maximum que nous allons utiliser comme centre de correspondance et qui, comme nous

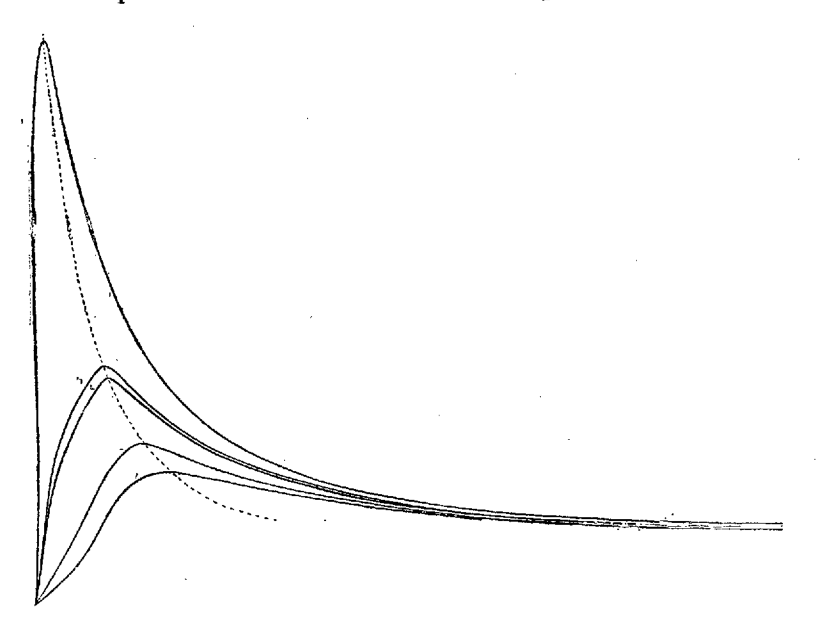
(1) Séance du 19 juillet 1920.

(2) Curie, *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, t. 26, 1891.

(3) Daniel Berthelot, *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 606; t. 130, 1900, p. 1379; *Journal de Physique*, 4e série, t. 2, 1903, p. 186.

allons le voir, peut jouer, pour l'état solide, un rôle analogue à celui que joue le point critique pour l'état fluide.

La figure ci-dessous représente les courbes représentatives de $\frac{C.A}{T}$ (A = masse atomique) pour les cinq corps dont les chaleurs spécifiques aux basses températures sont connues avec le plus de certitude. On voit



que chaque courbe présente bien le maximum prévu. On remarque en outre que, par une circonstance heureuse, ce maximum est très accusé et qu'il est facile, par conséquent, de le repérer avec quelque précision.

3. Le Tableau ci-dessous contient, pour les cinq corps étudiés, les températures absolues $T_M$ des points en question. Dans les colonnes suivantes, se trouvent les produits C.A aux températures $T_M$, $2T_M$, $3T_M$, $4T_M$. On voit qu'ils sont très sensiblement les mêmes pour les cinq corps. Les valeurs des produits C.A aux températures absolues 50 et 273, qui figurent à côté des précédentes, présentent entre elles des écarts beaucoup plus considérables.

| | $T_M$. | $C.A_{T_M}$. | $C.A_{2T_M}$. | $C.A_{3T_M}$. | $C.A_{4T_M}$. | $C.A_{50}$. | $C.A_{273}$. | $S.A_{T_M}$. | $S.A_{2T_M}$. | $S.A_{3T_M}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aluminium.. | 115 | 3,5 | 5,2 | 5,7 | 5,8 | 0,8 | 5,55 | 2,05 | 5,1 | 7,3 |
| Argent....... | 62 | 3,6 | 4,98 | 5,64 | 5,82 | 2,75 | 6,2 | 2,3 | 5,35 | 7,55 |
| Cuivre....... | 92 | 3,5 | 5,04 | 5,74 | 5,92 | 1,2 | 5,73 | 2,0 | 5,00 | 7,2 |
| Plomb....... | 26 | 3,6 | 4,94 | 5,44 | 5,7 | 4,9 | 6,26 | 2,0 | 5,25 | 7,4 |
| Zinc......... | 65 | 3,5 | 4,91 | 5,46 | 5,9 | 2,5 | 5,94 | 2,25 | 5,25 | 7,4 |

Ainsi, *la loi de Dulong et Petit n'est exacte qu'à condition de prendre les corps dans des états* CORRESPONDANTS, — *dans le nouveau sens que nous donnons ici à ce mot, — c'est-à-dire à des températures absolues proportionnelles aux températures* $T_M$. L'exactitude approchée de la loi de Dulong et Petit aux températures élevées est due à ce que les chaleurs spécifiques sont alors presque constantes. *Les courbes donnant le produit* C.A *en fonction de* T *coïncident dans toute leur longueur si l'on prend pour chaque corps, comme unité spécifique pour les abscisses, la température* $T_M$.

4. D'après le principe de Nernst, l'entropie de tout corps solide est nulle au zéro absolu. L'intégrale

$$S = \int_0^T \frac{C}{T} dT$$

est donc égale à l'entropie du corps à la température T.

Il résulte alors de ce qui précède que *les entropies atomiques, à des températures proportionnelles aux températures* $T_M$, *sont égales*. C'est bien ce que l'on a vérifié pour les températures $T_M$, $2T_M$, $3T_M$. Les petits écarts que l'on constate sont imputables, sans doute, aux difficultés de l'intégration graphique effectuée en partant de données peu nombreuses et peu précises, surtout aux basses températures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la glucosane*. Note de MM. **Amé Pictet** et **Pierre Castan**, présentée par M. Emile Bourquelot.

Gélis a observé en 1860 [1] que, lorsqu'on chauffe le glucose à 170°, il perd de l'eau et se convertit en une matière brune, amorphe, à peine sucrée, et qui n'est plus fermentescible. Il admit que cette matière était formée, pour la plus grande partie, d'un anhydride du glucose possédant la formule $C^6H^{10}O^5$, auquel il donna le nom de *glucosane;* mais il ne réussit pas à l'isoler à l'état de pureté.

Depuis lors, cet anhydride n'a été l'objet d'aucune nouvelle recherche. Nous en avons repris l'étude, et nous avons trouvé qu'on peut l'obtenir à l'état chimiquement pur, et même cristallisé, en modifiant légèrement les conditions de l'expérience de Gélis. Il suffit pour cela de ne chauffer le glucose qu'à la température de 150°-155°, et d'opérer sous une pression très réduite (15$^{mm}$ de mercure). Le dégagement de vapeur d'eau se fait

(1) *Comptes rendus*, t. 51, 1860, p. 331.

alors très régulièrement et sans qu'il y ait oxydation ni décomposition profonde; on obtient après refroidissement une masse solide et presque incolore, que l'on pulvérise et que l'on chauffe quelques instants avec de l'alcool absolu pour la débarrasser des traces de glucose qui auraient échappé à la déshydratation. Puis on la dissout dans de l'alcool méthylique absolu et on laisse la solution s'évaporer dans le vide à la température ordinaire. Il s'y dépose de petites paillettes incolores, fusibles à 108°-109°, qui constituent la glucosane pure.

L'analyse et la cryoscopie leur assignent la formule $C^6H^{10}O^5$. Le rendement atteint 92 centièmes de la quantité théorique.

La glucosane attire avec avidité l'humidité de l'air et s'y liquéfie, mais sans se retransformer en glucose. Elle n'est pas distillable sans décomposition, même dans le vide. Elle est extrêmement soluble dans l'eau, assez soluble dans l'alcool méthylique et dans l'acide acétique, peu soluble dans l'alcool éthylique et insoluble dans les autres dissolvants organiques. Elle est dextrogyre; son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, est un peu plus élevé que celui du glucose, et égal à $+69°,8$ pour une concentration de 3,84 pour 100. Sa saveur est amère. Sa molécule contient 3 oxhydriles alcooliques (dérivé tribenzoylé). Elle réduit la liqueur cupro-potassique, mais ne rougit pas la solution de fuchsine décolorée par l'acide sulfureux.

La propriété la plus remarquable de la glucosane réside dans la facilité avec laquelle elle forme des produits d'addition avec les composés les plus divers. Chauffée quelques instants à l'ébullition avec de l'eau, elle se retransforme en glucose droit. Les acides chlorhydrique et bromhydrique concentrés la dissolvent avec dégagement de chaleur; par évaporation dans le vide, on obtient des corps halogénés qui sont très probablement un chloroglucose et un bromoglucose.

La glucosane se dissout plus abondamment dans l'alcool méthylique saturé de gaz ammoniac, que dans l'alcool méthylique pur. Sa solution abandonne, par évaporation dans le vide, un corps cristallisé, de nature basique, mais qui n'est identique ni à la glucosamine, ni à l'isoglucosamine.

Dissoute dans l'alcool méthylique saturé de gaz chlorhydrique, la glucosane se convertit intégralement en méthylglucoside α. Enfin, elle donne à la température ordinaire avec le bisulfite de soude un produit d'addition en petites aiguilles incolores.

Ces réactions distinguent nettement la glucosane de son isomère la lévoglucosane. Elles sont, en revanche, en tous points semblables à celles que donne l'oxyde d'éthylène. Il paraît naturel d'attribuer ce fait à une analogie

de constitution et de penser que la déshydratation pyrogénée du glucose α donne lieu à la formation d'une chaîne fermée, contenant deux atomes de carbone et un d'oxygène. Cette supposition s'est trouvée vérifiée par l'expérience suivante :

Nous avons dissous, d'une part une molécule de glucosane dans de l'alcool méthylique absolu, d'autre part un atome de sodium dans le même dissolvant, et nous avons mélangé les deux solutions. Il se forme un volumineux précipité blanc, qui ne peut être autre chose que le composé sodique d'un monométhylglucose. Après une rapide filtration à la trompe, nous avons dissous ce précipité dans de l'acide sulfurique très étendu, neutralisé l'excès d'acide par addition de carbonate de soude et évaporé le tout à sec au bain-marie. En reprenant le résidu par l'alcool méthylique, et faisant évaporer de nouveau dans le vide, nous avons obtenu un sirop incolore, qui n'a pas cristallisé jusqu'ici, mais qui ne saurait être qu'un méthylglucose.

Or ce corps réduit très facilement la liqueur cupro-potassique, mais il ne fournit pas d'osazone lorsqu'on le traite, dans les conditions habituelles, par la phénylhydrazine. Sa constitution ne peut donc être exprimée que par la formule I, ce qui conduit à la formule II pour la glucosane (cela indépendamment de toute considération d'ordre stéréochimique) :

$$\begin{array}{l} CH^3-O-CH\text{———}CHOH \\ \qquad\quad\ \ | \qquad\qquad\quad | \\ \quad HO-CH-O-CH-CHOH-CH^2OH. \end{array}$$

I.

$$O\left\langle\begin{array}{l} CH\text{———}CHOH \\ | \qquad\qquad\ \ | \\ CH-O-CH-CHOH-CH^2OH. \end{array}\right.$$

II.

Nous poursuivons l'étude des produits d'addition de la glucosane, et nous espérons en tirer des indications précises sur la configuration des glucoses α et β.

### CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydratation catalytique des nitriles.* Note [1] de M. A. MAILHE, transmise par M. P. Sabatier.

On sait que l'on peut préparer les nitriles par catalyse d'un mélange d'un acide et de gaz ammoniac, au contact d'un catalyseur déshydratant tel que la thorine ou l'alumine. La même réaction se produit également avec les

[1] Séance du 19 juillet 1920.

éthers-sels, dans lesquels le groupe CO perd son atome d'oxygène qui forme de l'eau avec le gaz ammoniac.

Or, si un catalyseur permet d'accélérer la vitesse d'une réaction, il accélère aussi la réaction inverse. On pouvait donc penser que les nitriles subiraient l'hydratation catalytique au contact de thorine ou d'alumine et se transformeraient ainsi en acides :

$$RCN + 2\,H^2O = R\,CO^2H + NH^3.$$

C'est en effet ce que l'expérience m'a démontré.

1° *Benzonitrile.* — Lorsqu'on dirige dans un tube contenant de la thorine, chauffée vers 420°, un mélange de vapeur d'eau et de vapeurs de benzonitrile, on constate à la sortie un dégagement abondant de gaz ammoniac. Le liquide condensé est formé d'une couche aqueuse et d'un produit surnageant, constitué en majeure partie par du benzonitrile non transformé. Si on le sépare de la couche aqueuse, celle-ci, qui est alcaline au tournesol, abandonne, après saturation par l'acide chlorhydrique, des paillettes blanches, nacrées, fondant à 121°. Elles sont constituées par de l'*acide benzoïque*.

Le nitrile s'est donc hydraté *instantanément* au contact du catalyseur suivant la réaction

$$C^6H^5CN + 2\,H^2O = C^6H^5CO^2NH^4,$$

dont une portion s'est dédoublée en libérant du gaz ammoniac.

Le nitrile non transformé peut être hydraté en le dirigeant de nouveau avec de l'eau sur la thorine, et cela jusqu'à ce qu'il soit changé totalement en acide benzoïque.

L'alumine réagit comme la thorine ; mais, en raison de sa légèreté, elle est entraînée en grande partie par la vapeur d'eau.

2° *Nitrile métatoluique.* — Les vapeurs de métatolunitrile, bouillant à 210°, dirigées en même temps que la vapeur d'eau sur la thorine, chauffée à 420°, fournissent un dégagement de gaz ammoniac. L'eau recueillie, saturée par l'acide sulfurique, laisse déposer immédiatement des cristaux fondant à 109°-110°. C'est l'*acide métatoluique*. Le liquide surnageant l'eau, soumis à la rectification, abandonne du tolunitrile non transformé; mais le thermomètre monte au-dessus de 210°, et vers 240°, le produit qui passe à la distillation se prend en cristaux fondant à 110°. C'est de l'acide métatoluique qui avait été dissous par le nitrile.

3° *Nitrile paratoluique.* — Dans les mêmes conditions que le précédent,

le paratolunitrile, qui bout à 217°, fournit, par action de la vapeur d'eau sur la thorine, un liquide aqueux ammoniacal qui, saturé par de l'acide chlorhydrique, abandonne instantanément un abondant précipité blanc d'*acide paratoluique*, fondant à 177°. Le liquide, non miscible avec l'eau, qui contient un peu de liquide inchangé, additionné d'acide chlorhydrique, laisse déposer aussi des cristaux d'acide toluique para.

4° *Nitrile naphtoïque* β. — Le nitrile β-naphtoïque est solide et fond à 65°. Dissous dans un peu d'alcool, et la solution entraînée ensuite avec de la vapeur d'eau sur la thorine ne fournit qu'un dégagement faible de gaz ammoniac. Mais la liqueur aqueuse obtenue par condensation, additionnée d'acide chlorhydrique, fournit des cristaux qui fondent à 140°-145°. Ils sont constitués par un mélange d'*acide naphtoïque*, fusible à 160°, et de naphtonitrile qui, étant resté en émulsion dans l'eau, s'est solidifié. C'est le mélange de ces deux corps qui n'a pas un point de fusion fixe.

5° *Nitrile phénylacétique*. — Ce nitrile, entraîné sur la thorine avec de la vapeur d'eau, produit un dégagement de gaz ammoniac. Le liquide aqueux, décomposé par HCl, ne donne rien. Mais si on l'agite avec de l'éther, celui-ci décanté laisse déposer, après évaporation, des lamelles brillantes, acides, fondant à 76°; c'est l'*acide phénylacétique*.

Le liquide qui surnage l'eau, rectifié, abandonne d'abord du nitrile non transformé, et le thermomètre monte jusqu'à 330°. Dans cette dernière portion, le réactif de Kutscheroff donne une réaction identique à celle de la dibenzylcétone. Cette dernière a dû se former en petite quantité aux dépens de l'acide formé par hydratation.

6° *Nitrile hydrocinnamique*. — Hydraté sur thorine à 420°-440°, il fournit un liquide aqueux ammoniacal, qui, après saturation par HCl, a été agité avec de l'éther. La solution éthérée, décantée et évaporée, fournit des cristaux fondant à 47°. C'est l'*acide hydrocinnamique*.

7° *Nitrile caproïque*. — A 380°, le nitrile caproïque s'hydrate et fournit l'acide caproïque, donnant nettement un sel avec la potasse.

On voit qu'il est possible de transformer facilement les nitriles en acides correspondants, par hydratation directe par voie sèche, à l'aide de la vapeur d'eau, à une température d'environ 420°. Dans toutes ces expériences, j'ai employé le même catalyseur. La rapidité du passage du nitrile fait qu'il en reste une certaine quantité non transformée; mais comme il est aisé de le récupérer par condensation, il pourra être, en définitive, entièrement changé en acide.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un niveau fossilifère dans l'argile des Flandres, à Watten (Nord).* Note [1] de M. G. **Dubois**, présentée par M. Ch. Barrois.

Les couches sableuses ou argilo-sableuses qui constituent la partie supérieure de l'étage Yprésien dans le nord de la France et en Belgique sont généralement riches en fossiles : le couple *Nummulites planulatus-elegans* et les Turritelles y abondent.

Au contraire, les fossiles sont toujours très rares dans l'épaisse masse d'argile compacte qui, dans les Flandres, représente tout l'étage Yprésien, sans qu'il soit possible, le plus souvent, d'y distinguer les zones reconnues par Gosselet au nord et à l'est de Lille. En France, l'argile des Flandres pure, compacte, n'a fourni jusqu'à présent des fossiles qu'à Bailleul, à Hazebrouck et à Marck (près de Calais).

M. Flahault [2] a observé autour de Bailleul des affleurements de glaise dans laquelle il a recueilli, outre d'autres fossiles, des Turritelles, un *Pecten* « corné, lisse et très fragile »; il n'y a pas trouvé une seule Nummulite.

Un forage a traversé à Hazebrouck [3] un banc d'argile bleuâtre compacte riche en fossiles parmi lesquels on peut remarquer *Nummulites planulata*, des Turritelles et « *Pecten corneus*, Sow. » (M. Cayeux attribue cette couche au Panisélien). Plus bas, le forage a traversé des bancs contenant tantôt des Nummulites, tantôt d'autres fossiles parmi lesquels des Turritelles, des Lamellibranches, des Foraminifères.

A Marck, un forage a traversé un lit fossilifère constitué par une argile plastique gris verdâtre parcourue de veinules de sable fin. Le sable contenait des Turritelles et des Nummulites, tandis que dans l'argile M. Leriche a reconnu *Pholadomya margaritacea* Sow., de l'argile de Londres [4].

J'ai découvert récemment un niveau fossilifère dans l'argile des Flandres à Watten dans une argilière ouverte sur le flanc occidental du mont et alimentant une tuilerie voisine. Il est épais de $0^m,50$ environ et ne se distingue par aucun caractère lithologique du reste de la masse argileuse; c'est une belle argile grise compacte dépourvue d'éléments sableux. Le banc est à $4^m$ environ au-dessus du sol de la carrière, situé lui-même à $6^m$ environ au-dessus des rives de l'Aa, lesquelles sont à l'altitude $6^m$. La couche fossili-

---

(1) Séance du 12 juillet 1920.

(2) Flahault, *Ann. Soc. Géol. N.*, t. 42, 1913, p. 24-25.

(3) Cayeux, *Ann. Soc. Géol. N.*, t. 17, 1890, p. 272-283.

(4) Leriche, *Ann. Soc. Géol. N.*, t. 34, 1905, p. 32.

fère est donc à l'altitude 16$^{m}$ environ. Les couches sableuses qui couronnent l'argile yprésienne au sommet du mont de Watten débutent à l'altitude de 60$^{m}$ environ. Le niveau fossilifère étudié est donc éloigné de 40$^{m}$-45$^{m}$ du contact des couches sableuses et de la masse argileuse.

J'y ai reconnu les espèces suivantes :

*Pecten corneolus* Wood. — Cette espèce est de beaucoup la plus abondante; elle est fréquente dans l'argile de Londres, et connue dans les sables de Cuise, dans les sables de Mons-en-Pévèle, dans l'argile d'Ypres de certaines localités belges. Elle a été signalée à Bailleul et à Hazebrouck (sous le nom de *P. corneus*).

*Avicula papyracea* J. Sow. — Variété différant de la forme typique, commune dans l'argile de Londres, par sa taille exiguë. Très commune à Watten, elle forme des lits dans lesquels elle se présente écrasée et souvent déformée.

*Syndosmya splendens* J. Sow. — Connue dans l'argile de Londres.

*Syndosmya suessoniensis* Deshayes. — Connue dans les sables de Cuise.
*Cythera* sp.
*Thracia* (nov. sp.?).
*Leda* sp.

*Turritella* sp. — Un fragment indéterminable.

*Cristellaria cultrata* Montfort. — Ce petit Foraminifère rare à Watten a été signalé dans l'argile des Flandres du forage d'Ostende (¹) (sous le nom de *C. calcar* L., forme voisine, ou identique à *C. cultrata*).

Il faut y ajouter une petite dent de Squale, vraisemblablement de *Lamna Vincenti* Woodward, et des débris d'écailles de Téléostéen que je n'ai pu conserver et qu'il y a lieu de rapporter à *Halecopsis insignis* Delvaux et Ortlieb.

Malgré de longues recherches, je n'ai pu découvrir aucune Nummulite.

Cette faune diffère de celle des zones fossilifères de Bailleul par sa pauvreté en Turritelles. Elle diffère également de la faune de l'argile de Roubaix et des sables de Mons-en Pévèle par sa pauvreté en Turritelles et son manque absolu de Nummulites. Cette absence de Nummulites paraît,

---

(¹) DEWALQUE, *Bull. Ac. Roy. Belg.*, 2$^{e}$ série, t. 15, n° 1, 1863, p. 27-28.

comme à Bailleul et comme à Marck dans les lits à *Pholadomya margaritacea*, liée au facies argileux dominant du sédiment.

La faune de l'argile de Watten est d'ailleurs constituée comme à Marck, par des espèces de l'argile de Londres et des espèces des sables de Cuise. Elle confirme encore une fois l'identité stratigraphique de l'argile de Londres, des sables des Cuise et de l'argile des Flandres.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques végétaux silicifiés des environs de Sainte-Marie-aux-Mines (Alsace)*. Note [1] de M. **Alfred Carpentier**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La localité du Val d'Ajol (Vosges) est depuis longtemps célèbre pour les végétaux à structure conservée qu'on y a recueillis. Dès 1885, Bernard Renault a reconnu parmi ces fossiles d'âge permien : *Calamodendron*, *Calamites gigas*, *Sphenophyllum angustifolium*, *Psaronius*, *Callipteris conferta*, *Medullosa stellata* et *Cordaites* [2]. Plusieurs localités de la vallée de Villé (Bas-Rhin) et des environs de Sainte-Marie-aux-Mines ont également fourni des fragments de plantes silicifiées de même âge [3]. Vers 1880, l'abbé N. Boulay a découvert près de Sainte-Marie, au lieu dit *Blumenthal*, quelques silex dont certains présentent un grand intérêt scientifique. D'après l'examen de nombreuses lames minces, nous signalerons dans ces silex :

1. Des racines de *Psaronius* à étoile ligneuse comptant cinq faisceaux; une stèle et des sporanges annelés (genre *Pteridotheca*) de *Filicinées*, en parfait état de conservation.

2. Un pétiole de *Medullosa*, ne mesurant que 8$^{mm}$ de diamètre, à faisceaux scléreux hypodermiques semblables à ceux du *Myeloxylon Landrioti* Renault, à nombreux canaux gommeux et faisceaux ligneux à bois centripète bien développé.

---

(1) Séance du 19 juillet 1920.

(2) B. Renault in Ch. Vélain, *Le Permien de la région des Vosges* (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. 13, 1885, p. 538-539).

(3) A. Mougeot, *Note sur les végétaux fossiles du Grès Rouge* (*Congrès scientifique de France*, XVIIe session tenue à Nancy, sept. 1850, t. 1, 1851, p. 240); *Essai d'une flore du Nouveau Grès Rouge* (*Ann. Soc. d'Emulation du département des Vosges*, t. 7, 1851, p. 187).

A côté de ce pétiole, dans la même coupe, des feuilles larges de $3^{mm}$ à $5^{mm}$, à bords recourbés, à cellules de l'assise palissadique de taille relativement élevée; l'épiderme inférieur de ces feuilles porte de longs poils pluricellulaires et montre sur certaines coupes tangentielles, des stomates épars entre les nervules plusieurs fois dichotomes. Les cellules stomatiques réniformes sont recouvertes par six cellules de bordure, constitution qui rappelle assez bien celle des stomates chez certaines *Cycadées* (*Macrozamia Denisonii*, par exemple) ([1]). Des grains de pollen, dont il va être question, sont logés dans des dépressions du limbe, comprises entre les ultimes divisions des nervures. La structure de ces feuilles ressemble à celle des feuilles que B. Renault a rapportées au genre *Alethopteris*, dont les pétioles sont du type *Myeloxylon* ([2]).

3. Des feuilles de *Cordaitales*, à hypoderme très scléreux, à faisceaux diploxylés; dans leur voisinage, des radicelles, dont le diamètre ne dépasse guère $1^{mm}$, possèdent généralement deux faisceaux ligneux, un endoderme net, à épaississements latéraux semblables à ceux des racines de *Taxus*, une écorce à parenchyme non différencié, une assise de cellules périphérique à membrane externe épaissie, subérifiée ; somme toute, une structure d'*Amyelon* (*A. radicans* Williamson) ([3]). D'autres racines plus âgées montrent, entourant le bois primaire, des séries radiaires de bois secondaire.

4. Des organes foliaires minuscules (largeur $= 1^{mm}$), à bords révolutés, dont l'assise palissadique est très développée et occupe presque toute l'épaisseur du limbe. Deux petites feuilles offrent des grains de pollen dans des sacs qui sont disposés symétriquement de part et d'autre de la nervure médiane et qui sont protégés par le bord recourbé du limbe ; la plupart de ces feuilles, vraisemblablement fertiles (étamines), ont perdu leur pollen.

Les grains de pollen ressemblent à ceux des *Cordaites*, ont leur forme ovoïde, une exine très fine et délicatement réticulée ; une masse cellulaire centrale est nettement délimitée par l'intine ; de chaque côté de cette masse médiane, l'exine nous a paru, dans beaucoup de grains, constituer deux

---

([1]) Ch. Hamshaw Thomas and Nellie Bancroft, *On the cuticles of some recent and fossil Cycadean fronds* (*The Transactions of the Linnean Society of London*, 2e série, *Bot.*, t. 8, 1913, p. 169, fig. 15).

([2]) B. Renault, *Cours de Botanique fossile*, 3e année, t. 3, 1883, p. 159, pl. XXVII, fig. 8.

([3]) Cf. T. G. B. Osborn, *The lateral roots of Amyelon radicans Will., and their Mycorhiza* (*Annals of Botany*, t. 23, 1909, p. 604-611 ; pl. XLVI, XLVII).

ballonnets ou ailes, comme on en remarque chez certaines *Abiétacées* (g. *Pinus*, g. *Abies*) ou quelques *Podocarpées* (g. *Podocarpus*). L'espace central délimité par l'intine semble parfois cloisonné et subdivisé en plusieurs cellules. Ces grains de pollen, dont le grand axe mesure au maximum $60^{\mu}$ et le petit axe $40^{\mu}$, sont plus petits que les grains des *Cordaites*, tels qu'ils nous sont connus par les Ouvrages de B. Renault et de M. A. C. Seward (1). Il convient de signaler la ressemblance de certains grains, vus de face, avec d'autres que contient la chambre pollinique du *Stephanospermum akenioides* Brongt (2). Rappelons aussi que M. Seward a découvert des grains de pollen à deux ailes dans une tige fossile, provenant de la Terre Victoria du Sud, et qu'il a nommée *Antarcticoxylon Priestleyi*, soulignant les affinités de cette tige avec les *Araucarinées* actuelles et certaines *Cordaitales* paléozoïques (3). La partie supérieure de la série du *grès de Beacon*, qui a fourni ces fossiles et dont l'âge est contesté (fin du paléozoïque ou mésozoïque inférieur?), peut très bien appartenir au *Permien*.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité et nature de la pélorie de* Digitalis purpurea *L.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

G. Vrolik a décrit (1842) une curieuse anomalie héréditaire de la Digitale cultivée (*D. purpurea*, var.); répandue dans les jardins botaniques et les cultures, elle s'est maintenue par le semis comme le prouvent de nombreuses observations concordantes (4). L'espèce *Digitalis purpurea* est dichogame protérandre, adaptée à la fécondation croisée par les insectes et presque autostérile [Darwin (1877), Ludwig (1885)]; aussi est-il fort difficile de s'assurer que la monstruosité, moins féconde que le type, est complètement héréditaire.

J'étudie, depuis 1908, l'hérédité de cette anomalie; elle consiste dans la

(1) B. Renault, *Cours de Botanique fossile*, t. 1, 1881, p. 96, 97; pl. XIV, fig. 6. — A. C. Seward, *Fossil plants*, t. 3, 1917, p. 269, 270; fig. 482.

(2) Cf. H. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., 1909, p. 458, 459; fig. 173 et 174.

(3) A. C. Seward, *Antarctic fossil plants*; British Museum (Natural History). *British Antarctic « Terra Nova » expedition*, 1910, *Natural history report. Geology*, t. 1, 1914, p. 17-24; pl. IV-VIII).

(4) Schlechtendal (1851), Caspary (1860), Suringar (1865), Braun (1873), etc.; Hoffmann (1885) l'a cultivée durant trois générations; Cf. O. Penzig, *Pflanzenteratologie*, t. 2, p. 209.

production de fleurs régulières, dressées, campanuliformes, à l'extrémité des axes et des rameaux, fleurs qui s'épanouissent d'abord, alors que toutes les fleurs latérales se comportent comme celles de la Digitale ordinaire, pendantes, à floraison échelonnée de bas en haut. En 1910, j'ai croisé une plante à pélorie axiale (corolle blanche à 16 lobes, 16 étamines et 6 carpelles), aussi régulière que possible et récessive probable quant à la couleur des fleurs, avec un *Digitalis purpurea* L. à fleurs pourpres, prélevé dans une colonie sauvage et homogène des coteaux qui dominent la Mayenne à Juigné (Maine-et-Loire). Les fécondations croisées et réciproques furent réalisées au Laboratoire de Physique végétale de Meudon, où l'expérience est poursuivie en évitant l'introduction d'autres Digitales pourpres.

La première génération (1912-$F_1$) renfermait 122 individus, sans pélorie ni fascie, tous à fleurs rouges, de tons variables toutefois. La pélorie réapparut à la deuxième génération (1914-$F_2$) avec 124 plantes normales pour 25 pélorées, soit 17 pour 100; les fleurs offraient une grande variété de coloris allant du pourpre au blanc pur. Les fleurs pélorées sont stériles; j'isolai dix inflorescences à pélorie terminale avec 10-12 fleurs latérales fertiles, mais je n'obtins aucune graine. Pour continuer l'expérience, en 1918 ($F_3$), j'utilisai les graines provenant de fruits fécondés par les insectes; la troisième génération fleurit en 1919 et 1920, permettant d'analyser le caractère complexe de l'anomalie :

1° *Couleur des fleurs* ($F_3$). — Trois plantes : $N_1$, normale à fleurs rouges; $P_2$, pélorée rose; $P_3$, pélorée blanche, ont donné respectivement les individus à fleurs :

| | Rouges. | Roses. | Blanches. | Total. |
|---|---|---|---|---|
| $N_1$ (rouge)............. | 12 | 57 | 7 | 76 |
| $P_2$ (rose)................ | 6 | 67 | 14 | 87 |
| $P_3$ (blanc).............. | 11 | 26 | 17 | 54 |

Les variations graduées des teintes des fleurs montrent que la pélorie blanche était hétérozygote et il ne faut pas s'attendre à la vérification numérique des lois de Mendel; de plus, les tons pâles, roses et blancs sont plus fréquents dans la descendance des plantes pélorées; les pélories franchement rouges sont très rares (2 pour 20), *indices d'une liaison* entre la couleur pâle et la pélorie.

2° *Pélories et fascies.* — Les pélories sont peu nombreuses mais existent dans chaque descendance qui renferme, de plus, *un grand nombre d'individus à tiges fasciées* ou tordues, anomalies que ne présentaient pas les ascendants. Pour les mettre en relief, j'ai mesuré la compacité (1) (écartement moyen des 20 fruits inférieurs) des grappes principales :

(1) Selon le procédé exposé dans L. BLARINGHEM, *Mutation et traumatismes*, 1907, p. 111.

| $F_3$. | Normales. | | | Fasciées. | Pélorièes. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Compacité*........... | 4-5 | 6-7 | 8-10 | 11-25 | ∞ |
| $N_1$.................. | 33 | 17 | 9 | 12 | 5 |
| $P_2$.................. | 28 | 21 | 10 | 19 | 9 |
| $P_3$.................. | 17 | 13 | 11 | 7 | 6 |

La fréquence relative des grappes lâches, compactes, fasciées et enfin péloriées est régulièrement graduée dans les trois descendances. Il n'y a pas de doute que *la compacité élevée et la fascie ne traduisent l'hérédité atténuée de la pélorie terminale des axes*.

3° *Fleurs annexes stériles.* — Les corolles campanuliformes dressées ont de 8 à 20 lobes; les étamines sont moins nombreuses (4 à 18) et les carpelles encore moins (3 à 7); par contre, les bractées vertes et les sépales sont en nombre double, parfois triple, de celui des lobes corollaires et portent à leur aisselle des languettes pétaloïdes, étalées ou roulées en cornets, ou même soudées par leurs bords aux bractées. Toutes ces pièces annexes sont stériles; par contre, les fleurs soudées, dispersées çà et là sur les axes fasciés ou tordus, sont fertiles. Enfin, je signale 4 plantes (3 issues de $P_2$, 1 de $P_3$) non péloriées ni fasciées, à fleurs roses, courtes, dressées et portées sur des pédoncules quatre à six fois plus longs que les sépales, à étamines toutes vides et à ovaires presque stériles (19 sur 20) malgré l'apport répété de pollen normal; ce sont des *nova*.

4° *Variations de croissance.* — Les plantes des trois descendances ($F_3$) sont très irrégulières de taille ($30^{cm}$-$200^{cm}$), de vigueur, de précocité. Les plantes péloriées sont basses et précoces; l'épanouissement des fleurs terminales précède celui des fleurs latérales et arrête la croissance des axes. J'ai observé un seul individu (issu de $P_2$) portant *une première grappe compacte* (D = 10), conique, *surmontée par une seconde grappe identique*, comme si la fleur péloriée qui aurait dû se développer à son sommet s'était épanouie en une grappe complète et normale de Digitale pourpre.

En résumé, la pélorie de *Digitalis purpurea* est un cas extrême de fascie régularisée et héréditaire; dans son croisement avec *D. purpurea* sauvage, la grappe normale domine la fascie avec retours partiels et gradués sur les descendants de 2^e et 3^e générations. La stérilité partielle d'individus ou de fleurs doit être notée.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Composées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Senecio vulgaris *L.* — Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Un travail assez récent de Carano fait table rase de toutes les observations antérieurement publiées, sur l'embryogénie des Composées, par Fleis-

cher, Hegelmaier, Mottier, Schwere et Merrel (¹). Il était indispensable de savoir jusqu'à quel point l'auteur italien pouvait avoir raison contre tous ses devanciers et de déterminer comment les faits qu'il a mis en lumière pouvaient se rattacher à ceux qu'a déjà révélés l'histoire du développement embryonnaire dans un certain nombre d'autres familles.

Carano, en outre, signale, entre les espèces qu'il a étudiées (*Bellis perennis* L., *Calendula arvensis* L., *Helianthus annuus* L., *Cichorium Intybus* L.), des différences importantes dans l'origine des tissus à l'extrémité radiculaire, dans le mode de construction du suspenseur et dans le nombre des assises qui se différencient aux dépens de la partie cotylée. Ces différences ne permettent pas de mesurer le degré de généralité des règles du développement, d'établir un type auquel on puisse aisément ramener les formes divergentes offertes par la famille.

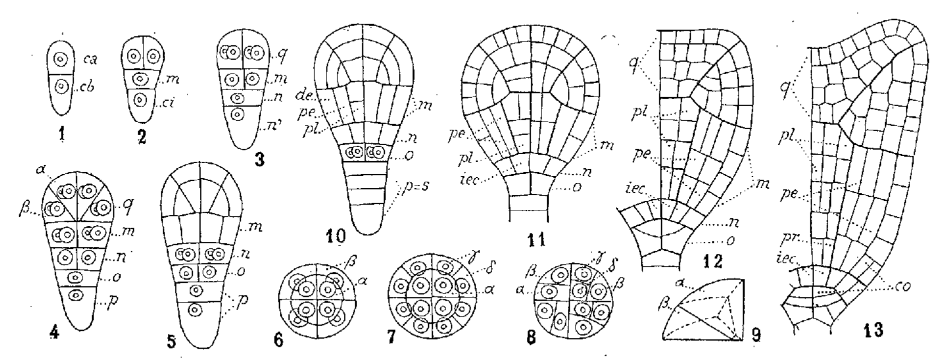



Fig. 1 à 13. *Senecio vulgaris* L. — Figures schématiques montrant les principales étapes du développement de l'embryon : *ca*, cellule apicale, et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire, et *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants ou partie cotylée; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *o* et *p*, cellules filles de *n'*; *s*, suspenseur; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *iec*, initiales de l'écorce; *co*, coiffe; α et β, cellules filles d'un quadrant; γ et δ, cellules filles de β (en 7) ou de α (en 8). En 6, 7 et 8, coupes transversales de l'étage *q* au stade de la figure 4 et au stade immédiatement suivant En 9, schéma montrant la position la plus générale de la cloison dans un quadrant.

L'embryon du *Senecio vulgaris* L. semble réaliser ce type général; il s'édifie, dans les premiers stades, selon les lois théoriques qui président aux segmentations du proembryon chez les Angiospermes. L'histoire de son développement reproduit presque exactement celle de l'*Helianthus*. Elle confirme, en même temps, les faits essentiels de l'embryogénie des

(¹) Voir E. Carano, *Ricerche sull'embryogenesi delle Asteracee* (*Annali di Botanica*, t. 13, 1915, p. 251).

Composées : 1° la non-formation des octants; 2° l'édification de l'hypocotyle aux dépens de la cellule basale du proembryon bicellulaire.

La tétrade et le proembryon octocellulaire (*fig.* 1, 2, 3) se constituent comme chez le *Myosurus* ([1]). Le proembryon à seize cellules (*fig.* 4) se produit par bipartition des éléments du proembryon octocellulaire. La règle générale se trouve appliquée en ce qui concerne les segmentations des trois étages inférieurs; mais dans l'étage supérieur *q*, il ne se forme pas de cloison horizontale, la paroi de segmentation est oblique, elle prend insertion sur le milieu de la paroi périphérique et vient tomber, au voisinage de l'axe, sur la paroi horizontale inférieure (*fig.* 4, 6 et 9). Parfois cette cloison s'insère sur l'axe, se rapprochant ainsi de la direction horizontale; dans d'autres cas, sa direction est verticale, parallèle à l'une des deux parois méridiennes (*fig.* 8).

Les quadrants apparaissent ainsi divisés, à ce stade, en deux éléments de forme et de dimensions dissemblables : l'un, plus grand généralement, de section quadrangulaire, adjacent à l'axe, l'autre plus petit, de section triangulaire, extérieurement placé. Ces deux éléments rappellent les deux demi-octants qui se forment dans les octants supérieurs chez le *Myosurus;* on peut les désigner par les mêmes lettres $\alpha$ et $\beta$ (*fig.* 4 à 9).

Chez le *Senecio*, comme chez toutes les Composées, et contrairement à ce qui se produit chez les autres Angiospermes examinées jusqu'ici, les quadrants n'engendrent donc pas des octants; ils jouent directement le rôle des octants supérieurs. L'embryon à seize cellules du *Senecio* exprime, de la manière la plus exacte, la loi générale signalée au sujet du *Sagittaria* ([2]), à savoir que le nombre des éléments d'un étage est égal à la somme des éléments des étages inférieurs. Dans le cas du *Sagittaria*, comme on sait, la loi n'est vraie qu'à la condition de considérer comme faisant partie d'un même étage l'ensemble des huit octants; chez cette dernière espèce, le proembryon à seize cellules présente six étages, il en comprend seulement cinq chez le *Senecio*. Les destinées et les processus des segmentations de ces cinq parties de l'édifice proembryonnaire seront exposés ultérieurement.

---

([1]) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Renonculacées* (*Bull. Soc. bot. France*, t. 58, 1911, p. 631).

([2]) R. Souèges, *Embryogénie des Alismacées. Développement du proembryon chez le* Sagittaria sagittæfolia *L.* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 716).

BOTANIQUE. — *Sur les canaux secréteurs gommifères des racines de Cycadacées, et plus particulièrement ceux du* Stangeria paradoxa *T. Moore*. Note de M. F. **Chifflot**, présentée par M. Guignard.

Les traités de botanique les plus récents, et à quelque nation qu'ils appartiennent, en parlant des canaux secréteurs des Cycadacées, résument la question à l'aide de l'une ou l'autre des deux phrases suivantes : « La tige contient dans son écorce et dans sa moelle un grand nombre de canaux sécréteurs, dont la *racine est dépourvue* » ou bien : « les Cycadacées renferment des canaux sécréteurs dans l'écorce de leur tige et le parenchyme de leurs feuilles. ».

Dans un certain nombre de travaux, Matte (¹) qui a étudié l'anatomie des plantules chez quelques genres de cette famille, affirme les faits suivants. Dans la racine principale des plantules des genres *Ceratozamia* et *Zamia*, les canaux gommifères se rencontrent dans la radicule, disposés en un cercle *cortical*, et s'avancent jusqu'aux deux tiers de leur extrémité.

Chez les genres *Dioon*, *Cycas*, *Encephalartos*, les canaux gommifères de la tige et de l'axe hypocotylé pénètrent dans la racine, mais ne s'écartent jamais de leur base.

Faute de matériaux jeunes, nous n'avons pu vérifier les assertions de Matte; mais nous avons étudié les racines et les radicelles des genres et espèces ci-après : *Ceratozamia mexicano* Brg. α *C. robusta* Miq; *Cycas revoluta* Thb, *C. circinalis* α, et *C. Micholitzii* Dyer; *Macrozamia spiralis* Miq. *Zamia muricata* Walp; *Dioon edule* Ldl.; *Encephalartos Altensteinii* Lehm. et *E. horridus* Lehm var. *trispinosus* Hort. *Stangeria paradoxa* T. Moore et *Bowenia spectabilis* Hoock.

Sauf dans les racines et radicelles de *Stangeria paradoxa* T. Moore, nous n'avons jamais trouvé de canaux gommifères.

Cette dernière plante déjà curieuse par la présence, dans ses feuilles, de folioles à nervures dichotomes qui l'a fait appeler autrefois *Lomaria coriacea* Kzc., doit de plus en plus, par la présence de canaux sécréteurs gommifères dans ses racines, former un groupe spécial chez les Cycadacées.

La plante, sur laquelle nous avons étudié l'appareil radiculaire, est formée d'un tronc assez court et de $18^{cm}$ de diamètre que surmontent sept à huit feuilles pennées. Du tronc, partent un groupe de grosses racines qui peuvent atteindre près de $20^{mm}$ de

(¹). H. Matté : α. *Recherches sur l'appareil libéroligueux des Cycadacées* (*Thèse de Doctorat*, 1904); β. *Note préliminaire sur la germination des Cycadacées* (*A. F. A. S.*, 1907, Reims, p. 430-433); γ. *Sur le développement morphologique et anatomique de la germination des Cycadacées*, 1908.

diamètre, avec un grand nombre de radicelles de tous ordres. Les radicelles ultimes peuvent donner naissance à des formations coralloïdes, superficielles ou profondes, comme on en rencontre chez la plupart des autres Cycadacées, sauf peut-être chez les *Zamia*. Des coupes transversales de jeunes radicelles ne montrent pas encore, ni dans le parenchyme cortical, ni dans le cylindre central, de canaux gommifères. Dans des radicelles de $2^{mm}$ de diamètre qui peuvent être tantôt bi, tantôt tripolaires (1), les formations péridermiques péricycliques sont hâtives, ainsi que les formations libéro-ligneuses secondaires. Celles-ci, très indépendantes, sont séparées par de larges rayons médullaires. Si la racine est tripolaire, il existe, au-dessus des faisceaux libéro-ligneux secondaires, et placés symétriquement, six canaux sécréteurs gommifères. Ces canaux sont donc toujours endocèles, comme l'expriment Van Tieghem et Costantin (2) pour d'autres plantes.

Dans des racines plus âgées ($5^{mm}$ de diamètre), binaires ou ternaires, les formations secondaires sont très accentuées; le bois secondaire forme un anneau, presque continu, avec un nombre de pôles libériens variable. Les canaux gommifères sont disposés sur au moins deux rangs, sans régularité; des anastomoses peuvent s'effectuer, soit tangentiellement, soit radialement, entre 2, 4 et 5 canaux gommifères, formant ainsi, dans le parenchyme secondaire, un arc gommifère très visible à l'œil nu, comme d'ailleurs les canaux eux-mêmes.

De très grosses racines, 15 à $20^{mm}$ de diamètre, montrent un nombre plus grand de canaux avec les mêmes anastomoses que ci-dessus.

En résumé : de tous les genres de Cycadacées, seul le genre *Stangeria* avec l'espèce *S. paradoxa* T. Moore étudiée, possède des canaux sécréteurs gommifères dans toutes les parties de son système radiculaire, sauf dans les très jeunes radicelles et dans les racines coralloïdes. Ces canaux, anastomosés ou non, sont toujours endocèles. Ils se forment par voie schizogène; mais dans les racines âgées, ils deviennent schizo-lysigènes.

BOTANIQUE. — *Notes biologiques sur les Acacias fournisseurs de gomme, dite arabique, au Soudan égyptien.* Note de M. **Em. Perrot**, présentée par M. Guignard.

La gomme arabique du commerce est fournie, dans une proportion de 95 pour 100, par un petit arbre, l'*Acacia Verek* Guill. et Perrott. (*Ac. Senegal* Willd.). Le Soudan égyptien (Kordofan surtout) en exporte annuellement près de $20000^{t}$, tandis que la Mauritanie et le Sénégal n'en

(1) Van Tieghem et J. Costantin, *Éléments de botanique*, t. 2, 1918, p. 254.

(2) Nous n'avons jamais remarqué que le nombre des pôles devenait, comme le veut Matte (*loc. cit.*, γ, p. 44), de plus en plus grand à mesure qu'on se dirige vers l'extrémité de la racine.

donnent guère plus de 2000$^t$. Les autres espèces productrices de gomme au Soudan sont l'*Ac. Seyal* Delile et l'*Ac. Arabica* var. *nilotica*.

Au cours d'une récente mission, en février-mars 1920, nous avons, avec M. Allaud, ingénieur agronome, négociant importateur, étudié sur place, *au Kordofan*, les conditions de végétation des Acacias gommiers, les méthodes de récolte et le trafic de la gomme ([1]).

L'*Ac. Verek* commence à faire partie de la brousse soudanienne dans la région nord de Khartoum, et devient plus abondant au fur et à mesure qu'on s'enfonce dans le sud, dans les provinces de Sennaar, Gedaref et Kordofan, mais dans cette dernière principalement; il apparaît alors, par endroits, sous forme de peuplements naturels assez denses qui reçoivent le nom de « guénénas », dont les arbres sont exploités par les indigènes. Ceux-ci pratiquent, en saison sèche, un écorçage méthodique (*tapping* des Anglais), consistant à enlever avec une hache grossière (*ferrar*) un lambeau étroit d'écorce; l'exsudation gommeuse est ainsi considérablement augmentée.

Dans le pays du Kordofan, la saison des pluies dure de fin mai à mi-octobre et la quantité de pluie tombée est de 300$^{mm}$ à 400$^{mm}$. Pendant cet hivernage, les feuilles tombent, l'atmosphère se dessèche à l'extrême, les vents sont constants et la température dépasse 45° à l'ombre pour tomber parfois, la nuit, à quelques degrés au-dessus de zéro.

La moindre craquelure de l'écorce peut donner lieu spontanément à la production extérieure de masses arrondies, plus ou moins colorées, dites gomme Wady (sauvage); d'autre part un insecte pique fréquemment l'arbre au point d'intersection des jeunes rameaux, et il exsude alors de petits bâtons contournés qui sont recueillis et donnent la gomme dite *vermiculée*. A notre passage, les loges d'insectes étaient toutes vides de leur hôte.

A la suite de l'écorçage, le long des lèvres de la blessure, on voit apparaître des masses également arrondies, molles, incolores, qui se dessèchent rapidement et constituent la belle gomme blanche du Kordofan. On ne s'explique guère pourquoi cette exsudation ne se fait pas tout le long de la blessure en masses plus ou moins confluentes, et il faudrait étudier sur place ce phénomène, à l'aide de coupes microscopiques.

En cherchant à nous rendre compte des conditions les meilleures de l'ex-

---

([1]) Toutes nos observations scientifiques et économiques sont consignées dans un Rapport adressé à M. le Ministre du Commerce et à M. le Gouverneur général de l'Afrique occidentale française.

sudation gommeuse, nous sommes arrivés à un certain nombre de conclusions dont voici les principales :

Tout d'abord, il faut noter que la gomme n'apparaît à l'extérieur que pendant la période la plus forte de sécheresse, de décembre à avril, où elle est récoltée tous les 5 à 6 jours.

Les arbres situés dans les moindres vallées, ou simplement dans des endroits où le sous-sol, par suite de fonds argileux, reste légèrement frais ou humide, ne donnent que de rares marrons de gomme. D'autre part, si la moindre petite pluie apparaît après un écorçage prématuré ou trop tardif, la première ou la dernière récolte est compromise.

Nous avons remarqué également qu'un simple ameublissement du sol pour tenter des cultures intercalaires réduisait, dans une notable proportion, la production de la gomme.

On est donc amené à conclure, que la formation de la gomme doit avoir pour principal objet, par suite de la difficulté avec laquelle elle abandonne son eau, de conserver à la plante la quantité d'eau de constitution, nécessaire à sa végétation, pendant cette période de sécheresse extrême où la dessication est véritablement extraordinaire.

Si l'on veut aménager les peuplements naturels, il faut tenir compte de ce fait que, comme chez les autres espèces désertiques, le système radiculaire est extrêmement développé en profondeur et en diamètre. On ne devra donc conserver qu'une densité ne dépassant pas 80 à 100 sujets à l'hectare, de façon à n'avoir que très peu d'ombrage.

Si la gomme exsudant à l'extérieur cicatrise les blessures, nous considérons ce rôle comme secondaire, car l'opération grossière de l'écorçage, qui intéresse souvent jusqu'au cambium, ne paraît pas incommoder autrement l'arbre.

Des échantillons d'*Acacia Verek*, écorcés pour la récolte de la gomme, ont été envoyés par nos soins aux différents Musées de nos Facultés et Écoles de Pharmacie, et nous avons conservé, avec beaucoup d'autres documents, une volumineuse partie d'un de ces arbres, au Musée de la Faculté de Pharmacie de Paris.

Dans notre colonie du Sénégal et en Mauritanie, sauf chez les Peulhs, peuplade venue de l'Orient, la pratique de l'écorçage est inconnue; il faut espérer qu'on l'introduira bientôt, car, nous le répétons, c'est seulement ainsi, et avec une surveillance rigoureuse des achats, qu'on arrivera à une production supérieure, qui peut atteindre trois à cinq fois les rendements actuels.

BOTANIQUE. — *Action de la pesanteur sur les végétaux.* Note [1] de M. H. Ricome, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que les deux moitiés d'une tige fendue en long s'écartent l'une de l'autre en s'infléchissant vers l'extérieur, ce qui est dû à l'état de tension des tissus : la région profonde est plus longue que la région externe. Or, le même phénomène se produit lorsqu'on fend une tige de Fève incurvée géotropiquement. La demi-tige supérieure accentue brusquement son incurvation ; la demi-tige inférieure s'incurve en sens inverse, vers le bas, comme si la courbure géotropique de l'organe intact était déterminée par la moitié supérieure seule. Cependant, cette demi-tige inférieure réagit géotropiquement au bout de quelques heures ; le géotropisme parvient difficilement à triompher de l'excès de croissance du côté supérieur (de l'épiauxisme autonome), la courbure géotropique vers le haut est peu accentuée.

Si on ne supprime pas l'extrémité libre de la tige, le poids de cette dernière gêne la manifestation du géotropisme ; l'organe devient rectiligne, s'oriente obliquement vers le bas, ou horizontalement, et se comporte en somme comme un organe diagéotropique. Il s'agit cependant d'un géotropisme négatif en lutte avec l'épiauxisme de l'organe et avec le poids à soulever. La direction prise est la résultante de ces trois facteurs : poids à supporter (effet de la pesanteur), excès de croissance du côté inférieur (autre effet de la pesanteur), excès de croissance des tissus profonds constituant le côté supérieur de la demi-tige considérée (mode de croissance autonome de la tige). Ces phénomènes se manifestent dans l'air et dans l'eau et ne sauraient être attribués à la perte d'eau ou à la réplétion aqueuse des cellules.

Les résultats sont de même nature avec la tige pleine de la Belladone.

Si l'on fend longitudinalement une tige de Fève ou de Belladone et qu'on la place horizontalement, en laissant subsister les deux moitiés ou une seule, chacune d'elles réagit comme il vient d'être dit. La courbure due à la croissance autonome s'accentue ou s'atténue jusqu'à l'inversion sous l'effet de la pesanteur, au gré de l'expérimentateur. Le résultat dépend de la position qu'on donne aux organes.

Si comme nous le supposons, l'orientation est la résultante des trois fac-

(1) Séance du 19 juillet 1920.

teurs mentionnés, on doit pouvoir obtenir des réactions analogues avec la racine. C'est en effet ce que nous avons constaté avec la racine de la Fève. Notons qu'ici ce sont les tissus externes qui sont plus longs que les externes, en sorte que les deux moitiés d'une racine fendue s'incurvent vers l'intérieur et non vers l'extérieur comme dans le cas de la tige. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de voir la demi-racine inférieure s'incurver *vers le haut* sous l'effet de la pesanteur. La pesanteur détermine dans la racine, comme dans la tige, un excès d'élongation du côté inférieur. Cet effet s'ajoute à l'hypoauxisme autonome et la demi-racine s'incurve si fortement vers le haut qu'en douze heures l'extrémité est devenue horizontale et couchée sur la face supérieure de la portion intacte de la racine. Dans la demi-racine supérieure, l'hypoauxisme géotropique est en opposition avec l'épiauxisme autonome; ce dernier finit par déterminer une inflexion vers le bas. La pesanteur exerce sur la racine le même effet que sur la tige: elle tend à l'infléchir vers le haut.

Si on laisse en place les deux demi-racines, elles se gênent mutuellement. L'inférieure se relève plus énergiquement que la supérieure ne s'abaisse. Elle prend une inflexion en S, le sommet buttant contre l'autre moitié qui la dépasse parce que son inflexion est moins accentuée.

La façon dont se comporte une racine décapitée a fait croire que le sommet seul était sensible à la pesanteur. Les faits ci-dessus montrent qu'il n'en est rien et permettent d'expliquer les irrégularités constatées.

Lorsqu'on supprime la moitié d'une racine en respectant l'intégrité du sommet, les choses se passent comme ci-dessus, mais le sommet s'infléchit vers le bas.

Il y a donc une action de la pesanteur à la fois sur le sommet en voie de cloisonnement et sur la région voisine en voie d'élongation. Il en est de même pour la tige. Mais dans ce dernier cas, la présence de feuilles jeunes empêche de se rendre compte des faits. Dans la Fève, la tige est continuée par le pétiole d'une feuille; c'est ce pétiole qui s'incurve d'abord géotropiquement, entraînant ou refoulant le sommet, suivant les cas. Le sommet est soulevé passivement. Bien des tiges ont d'ailleurs leur sommet pendant.

Nous conclurons ainsi :

1° Qu'il s'agisse de la tige ou de la racine, le changement d'orientation, en créant de nouvelles conditions intra et extracellulaires, modifie le cloisonnement des cellules dans le méristème apical ou subapical de façon que le sommet de l'organe tend à s'infléchir vers le bas; il modifie le mode

de croissance des cellules dans la région d'élongation qui tend à s'infléchir vers le haut.

2° L'opposition si remarquable entre le géotropisme de la tige et celui de la racine paraît tenir au fait que la région d'élongation est très courte dans la racine, très longue dans la tige. L'effet de la pesanteur, bien que se faisant sentir sur toutes les parties en voie de croissance, se manifeste extérieurement dans la racine sur la région des cloisonnements (le sommet); dans la tige sur la région d'élongation (les entrenœuds). Il en résulte l'orientation verticale descendante de la racine, verticale ascendante de la tige.

Le géotropisme dit oblique, ou transversal, des ramifications de la racine et de la tige, s'explique par la gêne apportée à la manifestation du géotropisme vertical par d'autres phénomènes dépendant en partie de la distribution et de la circulation de l'eau dans la plante. Il suffit souvent de supprimer l'axe principal pour rétablir l'équilibre normal et permettre la pleine manifestation du géotropisme. Il est inutile d'ajouter que d'autres causes interviennent dans l'orientation des organes et que certaines d'entre elles sont sous la dépendance de la pesanteur.

3° Rien n'établit que les organes des végétaux soient doués d'une faculté de perception de la pesanteur. Les expressions telles que irritation produite par des statolithes, transmission d'une sensation, reflexes non nerveux, ne répondent à rien de réel. C'est d'ailleurs là une question que nous traiterons ailleurs.

## BOTANIQUE. — *Étude cytologique de la Sélaginelle.*

Note (¹) de M. **L. Emberger**, présentée par M. Gaston Bonnier.

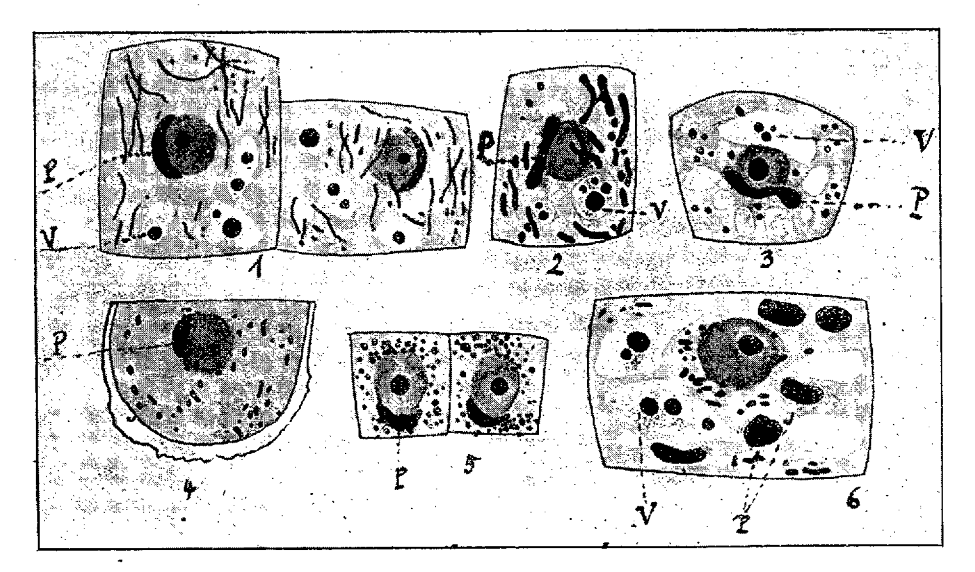
Au cours des recherches que nous poursuivons sur le chondriome des *Cryptogames vasculaires*, nous avons abordé l'étude des *Sélaginelles* qui représentent un type très spécial, et nous nous proposons de résumer nos résultats. Cette étude a été abordée par M. Dangeard, qui s'en est servi pour appuyer sa théorie consistant à séparer les plastides des mitochondries qu'il considère comme ne représentant pas une unité morphologique, mais en partie comme des microsomes, en partie comme des formations se rapprochant des jeunes stades du système vacuolaire.

---

(¹) Séance du 19 juillet 1920.

L'exemple choisi par M. Dangeard est très peu favorable parce que les cellules des Sélaginelles sont très petites, et ont un système vacuolaire rempli de produits précipitant à la fixation sous forme de grains se colorant comme les mitochondries. C'est certainement l'exemple le plus défavorable que nous connaissions. Néanmoins, une observation méthodique des divers stades du développement au moyen de procédés de fixation et de coloration diverses, aidée d'observations vitales, nous a permis de pouvoir étudier la question en détail.

Dans le méristème de la tige (*fig.* 5) on constate dans chaque cellule un seul chloroplaste (P) en forme de croissant coiffant le noyau. Celui-ci se divise en plusieurs chloroplastes au fur et à mesure que la cellule vieillit de sorte que chacune d'elles en contient à la fois six à huit, plus ou moins arrondis (*fig.* 6). Ce chloroplaste représente ici à lui seul les nombreux plastides en forme de chondriocontes qu'on observe




Chondriome de Sélaginelle (variété cultivée).

dans les autres cryptogames vasculaires. Il est dans une certaine mesure comparable au *Nebenkern* des spermatocytes de scorpion [1] représentant le chondriome de ces cellules, de même qu'au chloroplaste unique d'*Anthoceros* étudié par Scherrer, Sapehin, Mottier. On trouve, en dehors de ce chloroplaste, des mitochondries granuleuses ou en bâtonnets très courts susceptibles à certains stades de se transformer en chondriocontes plus ou moins longs.

On voit donc ici, comme dans les *Fougères*, qu'il existe deux variétés distinctes

(1) WILSON, *Proceedings of the national Academy of Sciences* 1916.

d'éléments mitochondriaux : l'une est représentée par un *unique chloroplaste* dans les cellules les plus jeunes, et l'autre par des *mitochondries de formes ordinaires* dont l'existence ne peut faire aucun doute.

Le chondriome est très beau dans les tubercules foliaires. Dans les cellules formant la base, on peut voir des chondriocontes très nets, en nombre prédominant sur les autres mitochondries (*fig.* 1). Dans les assises supérieures, on constate des mitochondries granuleuses, des bâtonnets et des chondriocontes, mais ces derniers ont ici une taille un peu plus épaisse (*fig.* 2). Les cellules de la pointe ne contiennent que des mitochondries granuleuses (*fig.* 3). Ces *chondriocontes* ne sont pas des *fibrilles protoplasmiques*, contrairement à ce qu'a admis M. Dangeard, les bonnes préparations obtenues par la méthode de Regaud permettant de les distinguer très nettement, en noir foncé, du cytoplasme coloré en rose par l'éosine.

On observe dans les éléments parenchymateux du cylindre central un plaste très allongé, accompagné de mitochondries granuleuses et de chondriocontes. Le même cycle paraît se poursuivre dans la racine.

Les observations sont très gênées par la présence, dans les vacuoles, d'un produit de nature inconnue possédant sur le vivant un pouvoir électif pour la plupart des colorants vitaux (rouge neutre, bleu de Nil). Les colorants bleus d'aniline le colorent en bleu pâle. Il n'offre aucun des caractères histochimiques de la métachromatine des champignons et l'on n'est pas autorisé à le désigner sous le nom de *corpuscule métachromatique* comme le fait M. Dangeard. Ce produit paraît se transformer en composé phénolique. Enfin il se colore après fixation par les méthodes mitochondriales comme les mitochondries, ce qui est un autre caractère le distinguant de la métachromatine. Il se trouve toujours dans les vacuoles ce qui le distingue des mitochondries (*fig.* 1 à 3, V). Dans les méristèmes de tige et de racine, il est difficile de distinguer ces granulations des mitochondries en raison de leurs colorations identiques et de la petitesse des vacuoles (*fig.* 5).

L'évolution du sporange est caractérisée par la présence constante d'un plaste (P) qui persiste même dans la spore à côté de mitochondries en forme de grains, de courts bâtonnets (*fig.* 4).

Enfin, à côté des mitochondries granuleuses, des plastides et des granulations des vacuoles, on rencontre en outre les *microsomes* décrits par M. Dangeard. Ces microsomes, très peu nombreux, ne sont autre chose que des globules graisseux ou lipoïdes. Ils brunissent par l'acide osmique. Ils sont beaucoup plus réfringents que les mitochondries très difficilement observables et sont entraînés plus rapidement par les courants photoplasmiques. En faisant des préparations par la méthode de Küll, on retrouve les mitochondries colorées en rouge et parfois, mais rarement, les microsomes brunis par l'acide osmique.

Il existe donc dans les Sélaginelles :

1° *Des plastes*, dont un seul persiste dans la spore et *une autre variété de mitochondries* sous forme de grains, de bâtonnets ou de chondriocontes ;

2° *Des microsomes* de nature graisseuse ou lipoïde ;

3° *Un appareil vacuolaire renfermant une substance de constitution inconnue* n'ayant aucune relation avec la métachromatine des champignons.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations cytologiques sur* Saprolegnia. Note [1] de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

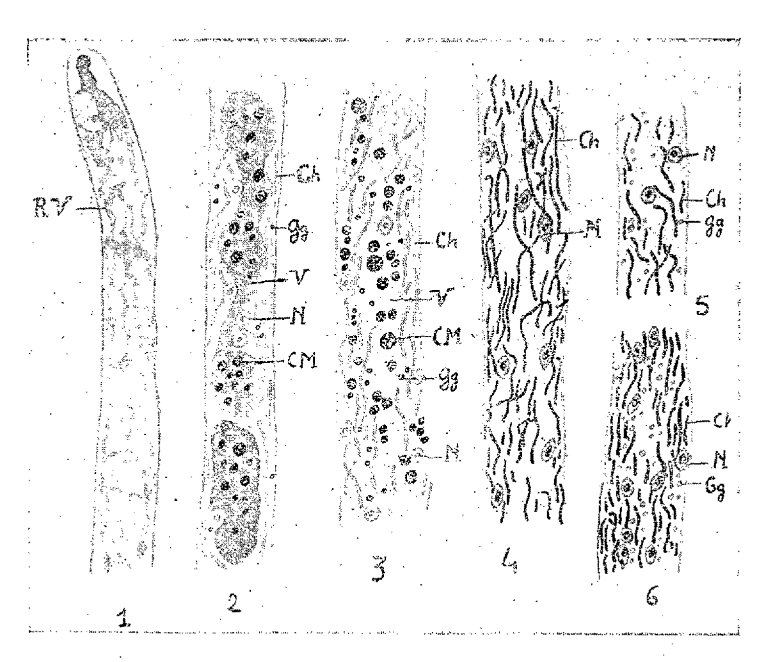
Nous avons exposé dans une Note antérieure les observations vitales que nous avons pu réaliser sur le chondriome d'une espèce de *Saprolegnia,* trouvée sur des cadavres de mouches. Nous avons montré que ce champignon constitue un des objets les plus favorables que nous connaissions pour ce genre d'études, et laisse observer avec la plus grande netteté sur le frais ses noyaux et son chondriome. Enfin, l'emploi des colorants vitaux nous a permis en outre de suivre l'évolution du système vacuolaire qui renferme une substance fixant énergiquement la plupart des colorants vitaux et prenant avec les couleurs bleues d'aniline une teinte violacée comme la métachromatine des autres champignons.

Depuis nous avons poursuivi nos recherches et nous nous proposons de résumer ici les résultats obtenus.

L'étude du système vacuolaire à l'aide de colorants vitaux permet de constater que dans les filaments très jeunes, ce système présente la forme de longs canalicules qui s'anastomosent en un réseau (*fig.* 1), lequel en se gonflant et par fusion des canalicules qui le constituent finit par former une grosse vacuole, sorte de large canal occupant tout l'axe des filaments (*fig.* 2 et 3). Les canalicules et le réseau sont remplis d'une substance à l'état de solution qui se colore assez intensivement. Lorsque le canal central est constitué, cette substance étant plus diluée se colore d'une manière beaucoup plus pâle (*fig.* 3). Le système vacuolaire renferme en outre, sauf dans ses formes initiales, des corpuscules qui se colorent d'une manière plus marquée que la substance dissoute dans le suc vacuolaire. Les uns ne se voient qu'après coloration vitale ; ils sont fortement colorés et d'une manière très métachromatique (*fig.* 2 et 3). Les autres se présentent sous forme de corpuscules, souvent assez gros, d'une réfringence assez accusée et visibles sans coloration. L'acide osmique leur donne une teinte légèrement grise. Les colorants vitaux ne les teignent que faiblement. Après fixation à

[1] Séance du 19 juillet 1920.

l'alcool ou au formol et coloration par le bleu de méthylène, le système vacuolaire n'apparaît pas avec les caractères qu'il montrait sur le vivant. Les vacuoles offrent un contenu incolore et montrent seulement de petits grains fortement colorés en violet foncé et d'autres teints en bleu pâle. L'hématéine ne colore pas les premiers et donne aux seconds une teinte diffuse. Ces deux catégories de corpuscules, qui ne sont peut-être que des




1, 2, 3, stades successifs du développement du système vacuolaire coloré par le rouge neutre; RV, réseau vacuolaire; Ch, chondrioconte; V, vacuole; CM, corpuscule intravacuolaire; N, noyau; Gg, globules graisseux. Dans 1, le chondriome n'a pas été dessiné; 4, filament traité par la méthode de Regaud; 5 et 6, filament traité par la méthode de Benda.

états différents d'une même substance, ne présentent pas les caractères des granulations désignées dans les champignons sous le nom de *corpuscules métachromatiques*.

L'emploi des méthodes mitochondriales permet d'obtenir d'excellentes différenciations du chondriome qui apparaît avec l'allure qu'il présentait sur le vivant. Ces méthodes ne colorent pas le contenu du système vacuolaire, sauf dans des cas exceptionnels, lorsque la préparation est mal réussie. Les fixations au formol commercial, suivies de coloration à l'hématoxyline ferrique, mettent en évidence avec la plus grande netteté les noyaux et le chondriome (*fig.* 4). Les méthodes de Benda et de Kull différencient en

outre les granulations graisseuses qui apparaissent brunies par l'acide osmique (*fig.* 5 et 6). Avec toutes ces méthodes, le chondriome se montre constitué par de nombreux chondriocontes de longueurs variables, qui ressortent très nettement par leur coloration intense au sein du cytoplasme à peine coloré. Ces éléments ont un contour si net qu'il est parfois difficile de les distinguer des bactéries qui se trouvent parfois accolées à la membrane du champignon. Dans certains filaments, les chondriocontes subissent des modifications de formes que l'on constate également sur le vivant : ils peuvent prendre la forme de bâtonnets courts et trapus, de fuseaux et même se transformer en vésicules. Il est difficile de décider si ces formes sont en relation avec le métabolisme cellulaire ou représentent des altérations du chondriome. Le chondriome présente une plus grande résistance vis-à-vis des fixateurs renfermant de l'acide acétique que les mitochondries en général et que celles des autres champignons en particulier.

En résumé, on voit donc qu'il y a lieu de distinguer dans le *Saprolegnia* que nous avons étudié : 1° un chondriome, nettement caractérisé et semblable à celui des autres végétaux et des animaux ; 2° de petits globules graisseux ; 3° un système vacuolaire rempli d'une substance douée d'un pouvoir électif vis-à-vis des colorants vitaux, mais qui ne présente pas les caractères de la métachromatine.

Le chondriome des Saprolégniacées a déjà été entrevu par divers auteurs. Arthur Meyer observe sur le frais dans un *Achlya* de petits corps ronds ou en forme de bâtonnets qu'il assimile à des leucoplastes. Rudolph a également mis en évidence dans un *Achlya* des filaments visibles sur le vivant et colorables par la méthode de Benda qu'il rapproche des mitochondries. Plus récemment, M. Dangeard a consacré une étude détaillée au chondriome d'un *Saprolegnia* et a admis que ce chondriome correspondait au système vacuolaire. Nos observations vérifient celles de A. Meyer et de Rudolph, mais sont en désaccord avec celles de M. Dangeard.

CHIMIE AGRICOLE. — *Étude comparée sur la microflore et la teneur en azote des terres partiellement stérilisées par le sulfure de calcium.* Note de MM. **G. Truffaut** et **N. Bezssonoff**, présentée par M. L. Maquenne.

D'après nos observations [1], la flore bactérienne des terres traitées par des mélanges à base de CaS contient en abondance un fixateur d'azote, le

---

[1] G. Truffaut et N. Bezssonoff, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 168.

*Clostridium pastorianum* et les principaux ammonifiants du sol (*B. mycoides*, *B. megatherium*, etc.).

Devant une sélection microbienne aussi typique, l'étude de son influence sur l'économie de l'azote du sol semblait s'imposer. Nous avons donc entrepris des dosages d'azote dans des terres partiellement stérilisées et dans les mêmes terres non stérilisées, en établissant en même temps leur contrôle bactériologique.

La première série d'expériences fut faite en serres dans des pots à fleurs ordinaires, poreux, de $0^{m},20$ de diamètre, contenant chacun $3^{kg}$ de terre. Une série de ces pots reçut par kilogramme le mélange suivant : sulfure de calcium, $1^{g}$; naphtaline, $1^{g}$; sulfate de chaux, $3^{g},46$; phosphate de chaux $0^{g},60$. La deuxième série fut conservée comme témoin.

Soixante-quinze jours après le traitement, le nombre des bactéries des deux séries était redevenu égal. Fait remarquable, le nombre des protozoaires était aussi redevenu égal le même jour. Huit jours après le traitement, les terres partiellement stérilisées continrent le maximum de bactéries, 120 millions par gramme. A cette date, les terres témoin n'en contenaient que 18 millions. Quatre-vingts jours après le début de l'expérience, les terres témoin contenaient $6^{g},19$ d'azote par kilogramme, les terres ayant subi la stérilisation partielle $5^{g},51$ (azote total sur terre sèche).

Quoi qu'il y eût peu de différence dans la teneur en azote, les terres ayant subi la stérilisation partielle étaient un peu appauvries. Une autre série d'expériences fut mise en route, toujours avec la même terre, toutes conditions égales, mais dans cette expérience, des pavots furent repiqués 8 jours après l'application des corps partiellement stérilisants. Immédiatement après la floraison, les graines étant formées, les récoltes de pavots furent pesées. La série témoin produisit $270^{g}$, la terre partiellement stérilisée produisit $1170^{g}$.

L'analyse de la terre faite immédiatement après cette récolte donna, en ce qui concerne l'azote, les résultats suivants : terre témoin $2^{g},98$ par kilogramme et terre traitée $2^{g},85$. La différence entre la teneur en azote des deux terres ci-dessus indiquées est plus faible que pour l'observation précédente, elle reste dans les limites d'une erreur expérimentale.

Considérant que le poids de la récolte sur la terre traitée dépasse de 333 pour 100 celle de la terre non traitée, on constate que la terre stérilisée a certainement fixé une quantité supplémentaire d'azote. Il y a eu de ce fait une exportation d'azote importante par les tissus des plantes sans que la terre, par rapport à la terre témoin, soit sensiblement appauvrie.

La première série d'expériences sans végétation ayant montré que là où il n'y avait pas de plantes, il n'y avait aucun gain d'azote, il est probable que l'excédent d'azote qui s'est manifesté dans la deuxième série d'expériences s'est présenté sous forme de bases volatiles (ammoniaque, méthylamines) susceptibles d'être captées par les plantes au fur et à mesure de leur formation.

Nos observations faites en pleine terre semblent confirmer ce point. Elles embrassèrent dans le premier cas une période de 14 mois entre la stérilisation partielle du sol, les numérations bactériennes et les dosages d'azote.

La première expérience en pleine terre (29 mars 1919) porta sur trois parcelles : une non stérilisée, la deuxième ayant reçu par mètre carré un mélange de $15^g$ de sulfure de calcium pur, $15^g$ de naphtaline brute essorée, $12^g,5$ de phosphate de chaux, le restant du mélange ($57^g,5$) étant constitué par du plâtre ; la troisième parcelle reçut un mélange analogue au premier où la moitié de la naphtaline était remplacée par du cymène (paraméthylpropylbenzène).

Dans le cours des années 1919-1920, trois cultures furent faites sur ces parcelles : 1° blés, 2° scaroles, 3° navets. Le poids global de ces trois récoltes pesées à l'état frais fut, par mètre carré, pour la parcelle témoin, de $3^{kg},294$; pour la parcelle traitée sulfure-naphtaline, de $4^{kg},464$; pour la parcelle traitée sulfure-cymène, de $5^{kg},919$.

Après la troisième récolte (6 avril 1920), les terres témoin contenaient, un an après la stérilisation, 14 millions de bactéries au gramme et les terres ayant subi la stérilisation partielle 15 millions et demi. Les terres témoin contenaient $1^g,90$ d'azote par kilogramme de terre à l'état normal, et les terres ayant reçu le sulfure de calcium et cymène $2^g,10$.

Une nouvelle expérience en pleine terre, toujours sur les mêmes parcelles, commença le 16 avril 1920 : une parcelle témoin, une parcelle traitée par le mélange sulfure de calcium-naphtaline, mais à la dose de $150^g$ du mélange par mètre carré. Les deux parcelles furent ensemencées en carottes. Les dosages d'azote effectués après 63 jours montrèrent que la parcelle témoin contenait $1^g,70$ d'azote par kilogramme de terre et la parcelle partiellement stérilisée $2^g,37$ d'azote par kilogramme de terre. Le nombre des bactéries par gramme, 86 jours après le traitement, dans les terres stérilisées, était de 14 millions par gramme, 38 pour 100 de *B. butyricus*, et dans les terres témoin de 8 millions par gramme, 17 pour 100 de *B. butyricus* [en colonies symbiotiques]. Ainsi, malgré une exportation intense d'azote

causée par trois récoltes successives et une en végétation intense, les parcelles de terre partiellement stérilisées ne se sont pas appauvries en azote, au contraire.

Les résultats de ces trois séries d'expériences semblent démontrer :

1° Qu'en employant une dose forte du mélange sulfure-carbures aromatiques dans des cultures en pots poreux où les oxydations sont constantes, ce milieu aérobie favorise les pertes d'azote ammoniacal par diffusion et est défavorable au développement continu des races bactériennes anaérobies telles que le *Bacillus butyricus*.

2° Quand, dans les mêmes conditions, les mêmes terres toujours contenues en vases poreux portent des plantes, on constate que les pertes d'azote sont plus faibles.

3° Dans les conditions de cultures en pleine terre et en employant une quantité maxima de $150^{kg}$ de sulfure de calcium à l'hectare, on constate que, malgré une forte exportation d'azote, la terre ne s'est pas appauvrie de cet élément.

En ce qui concerne les colonies symbiotiques du *Bacillus butyricus*, nos observations précédentes peuvent être complétées en ce fait que le pourcentage du *Bacillus butyricus* dans ces colonies est environ de 74 pour 100. Le nombre des bacilles butyriques dans les terres partiellement stérilisées dépasse souvent celui de toute autre race bactérienne prise isolément.

PHYSIOLOGIE. — *Les vitamines sont-elles nécessaires au développement des végétaux?* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Quelques biologistes ont prétendu que les vitamines étaient nécessaires à la croissance des végétaux (¹) et cette opinion, généralement admise d'ailleurs, résulte d'expériences dont nous ne contestons nullement les résultats, mais dont l'interprétation ne semble s'accorder ni avec d'autres faits, ni avec les nombreux essais personnels que nous avons poursuivis dans ce domaine.

(¹) Bottomley, *Proc. of the Royal Soc. of London Biol. Sciences*, 1914, p. 237. — Moctheridge, *Ibid.*, 1917, p. 508. — Agulhon et Legroux, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 597. — Linossier, *Soc. de Biologie*, avril 1919 et mars 1920.

On sait qu'il est possible de cultiver certains microbes et certains champignons sur des milieux chimiquement définis et ne renfermant pas trace de vitamines : non seulement la pullulation abondante de ces êtres inférieurs est réalisée d'une façon parfaite dans des bouillons complètement dépourvus de toute substance vitaminique, mais il est encore possible d'assurer la croissance et le développement complet de végétaux supérieurs avec des solutions nutritives purement minérales.

Mazé [1] a montré que le maïs peut accomplir toute son évolution dans une liqueur renfermant 15 corps simples, à l'exclusion de toute matière organique. Il est difficile de concevoir que certains végétaux, depuis les microbes jusqu'aux plantes les plus complexes, puissent s'accommoder de milieux minéraux pour vivre et croître, alors que d'autres exigeraient des vitamines pour se développer.

La notion de l'utilité de ces vitamines dans la culture des champignons résulte du fait que les auteurs qui ont soutenu cette thèse ont eu recours à des milieux très pauvres, insuffisants, tel qu'un mélange de tartrate d'ammoniaque et de glycérine dans lequel on voit l'addition de quelques gouttes d'une infusion de raisins secs, améliorer notablement la qualité nutritive du bouillon.

Si la minime quantité de substance ainsi ajoutée renferme des vitamines, elle contient en outre des sels, des matières protéiques, des hydrates de carbone, et il semble abusif de conclure *a priori* que l'effet constaté est dû à l'une plutôt qu'aux autres de ces substances.

Nous avons pu nous assurer qu'un grand nombre de produits chimiques définis, minéraux et organiques, étaient susceptibles, en proportions minimes, de fournir les mêmes résultats que ceux qu'on obtient par cette addition d'infusion de raisins secs et parfois même des résultats meilleurs; tous ces matériaux ne sauraient être considérés comme des vitamines.

D'autre part, nous avons institué les expériences suivantes :

De la levure de bière fraîche, très riche en vitamines, susceptible de guérir rapidement les accidents polynévritiques des pigeons carencés, est chauffée à 135° pendant 1 heure. Par ce traitement, administrée même en grande quantité, elle a perdu toutes ses propriétés antiscorbutiques; les vitamines qu'elle renfermait, actives pour les animaux, semblent complètement détruites, néanmoins cette levure peut servir à préparer des

---

(1) MAZÉ, *Annales de l'Institut Pasteur*, mars 1919, p. 139.

bouillons qui favorisent considérablement le développement des champignons cultivés sur les solutions pauvres à base de tartrate d'ammoniaque et de glycérine.

En épuisant méthodiquement la levure par l'alcool, ou en précipitant son extrait par l'acide phosphotungstique, on parvient à isoler les principes vitaminiques et l'on peut ainsi obtenir, d'une part, la levure épuisée n'ayant plus aucune propriété curative de la vitaminose et d'autre part, un extrait renfermant les vitamines actives; ce dernier, évaporé et repris par l'eau, n'améliore pas les propriétés nutritives des milieux artificiels convenables, il est parfois plutôt nuisible à la végétation, tandis que la décoction de levure résiduelle, chauffée à 135° et dépouillée de ses vitamines par ces traitements, peut leur conférer des qualités qui permettent la végétation un peu plus abondante des cultures.

En filtrant les liquides organiques sur de la terre à foulon qui retient les vitamines, on constate que le filtrat privé de ces substances est plus favorable à la végétation des moisissures que ce liquide avant sa filtration.

Enfin, nous nous sommes assuré aussi que les extraits organiques, chauffés vers 250° jusqu'à carbonisation, conservaient leurs propriétés fertilisantes lorsqu'on les ajoute au milieu tartro-glycérique, et il est difficile d'admettre, dans ce cas encore, que les vitamines ont pu résister à cette température.

*Les vitamines sont des substances indispensables à la vie, ne pouvant pas être remplacées par des composés chimiques définis*, précipitables par l'acide phosphotungstique et les réactifs des alcaloïdes; elles sont retenues par filtration sur la terre à foulon et détruites par la chaleur; or aucune de ces propriétés ne se retrouve dans les substances qui sont susceptibles d'améliorer, pour les végétaux, les qualités nutritives des milieux pauvres. Ces substances ne semblent donc pouvoir être assimilées aux vitamines dont elles ne possèdent aucune des propriétés caractéristiques.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Effets de l'osmose électrique sur les tumeurs cancéreuses des rats.* Note de MM. **A.-H. Roffo** et **Pierre Girard**, présentée par M. Roux.

On peut réaliser à travers les interstices cellulaires des tissus vivants et irrigués des osmoses électriques [1]. Le glissement, sous l'action d'un champ

(1) Pierre Girard et Morax, *Échanges liquides par osmose électrique à travers des tissus vivants* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 818).

électrique, des veines liquides qui remplissent ces interstices, est conditionné par l'existence d'une couche double d'Helmholtz, le long de leurs parois; le sens du glissement (endosmose ou exosmose) dépendant de l'orientation du champ et du signe des charges dont sont revêtues les veines liquides. Les lois de l'électrisation de contact nous donnent, en outre, le moyen de modifier à notre gré le signe de ces charges, et par suite pour une orientation donnée du champ qui assure le glissement des veines, de provoquer à notre gré, selon la composition ionique de la solution électrolytique baignant l'assise cellulaire externe du tissu, des endosmoses quelle que soit l'épaisseur du tissu et aussi des exosmoses.

Il était tout indiqué de se demander si les cellules vivantes qui constituent les parois de ces interstices cellulaires, restaient les témoins indifférents du glissement de ces veines liquides, ou bien, au contraire, si elles participaient elles aussi au processus d'osmose électrique dont le tissu vivant est le siège.

Pour certains tissus, tout au moins, cette participation de la cellule au processus osmotique ne fait pas de doute. C'est l'endosmose cellulaire qui se prête le mieux à l'analyse. Il s'agit d'ailleurs d'un gros phénomène qui retient tout de suite l'attention.

L'un de nous (Roffo) en a observé les effets sur les cellules des tumeurs épithéliales, et M. Fauré-Frémiet sur les cellules hépatiques ([1]).

L'apparence la plus remarquable, très nette chez les cellules épithéliales, mais encore plus, peut-être, chez la cellule hépatique, c'est « l'inondation » des cellules; très gonflées, de grosses vacuoles, sortes de lacs parfaitement délimités, apparaissent dans le cytoplasme. Une investigation microchimique systématique pourra seule révéler en détail quels éléments chimiques pénètrent, avec le flux endosmotique, dans les cellules inondées par places. Ce que nous savons de l'inégale perméabilité de leurs parois aux différents ions, rend vraisemblable qu'un « tri » doit s'effectuer au niveau de ces parois; et nous avons des raisons de penser que ce « tri » est conditionné, pour une part importante, par le signe et la densité des charges électriques fixées à ces parois. Un intérêt particulier (du moins en ce qui concerne les cellules néoplasiques) s'attache à faire pénétrer, avec le flux liquide envahissant le cytoplasme, des ions spécifiquement toxiques pour celui-ci. L'effet qu'on en peut attendre doit être une destruction massive et rapide.

Or les investigations de Wassermann et de ses élèves, de Gosio, de Roffo, etc, établissent sans conteste la toxicité spécifique pour ces cellules

---

([1]) Fauré-Frémiet, P. Girard et Roffo, Communication au Congrès de Physiologie, 9 juillet 1920.

des séléniates et des sélénites; le problème pratique consistait donc dans la recherche des conditions, assurant par osmose électrique, la pénétration dans leur cytoplasme d'ions négatifs complexes où le sélénium fut engagé.

Nous pensons avoir réalisé ces conditions par l'adoption du schème expérimental suivant : le corps de l'animal étant relié au pôle négatif d'une source électrique, et la solution électrolytique baignant la tumeur au pôle positif, c'est la présence dans cette solution d'ions $H^{+}$ ou d'ions polyvalents positifs, qui ouvre à travers la paroi de la cellule épithéliale endosmosée, le passage aux radicaux négatifs où figure le sélénium.

Les effets destructifs qu'on observe dans ces conditions sont considérables : bien entendu, ils seront d'autant plus marqués qu'on laissera aux effets cytolitiques ultérieurs le temps de se produire; mais déjà sur une tumeur épithéliale (grosse comme une cerise, par exemple) détachée de l'animal deux heures après qu'elle a subi une osmose électrique d'une durée de 10 minutes, on observe les apparences suivantes : la section de la tumeur laisse échapper un liquide brun provenant de la liquéfaction des cellules; sous l'enveloppe membraneuse de la tumeur, et dans la zone où cette enveloppe a été baignée par la solution électrolytique, existe une importante cavité; ce qui reste du tissu épithélial présente l'aspect d'une pulpe friable, se désagrégeant très aisément et dont les cellules, pour la presque totalité, sont vacuolisées. Cette vacuolisation est le premier stade d'une cytolise fatale, au bout de quelques heures ou de quelques jours.

*Conclusions.* — 1° Dans l'endosmose électrique de tissus vivants et irrigués, comme les tumeurs épithéliales, les cellules de ces tissus participent au processus endosmotique.

2° Lorsque, à la faveur de ces endosmoses, nous pouvons faire franchir les parois des cellules à des éléments toxiques pour leur protoplasme, les effets de destruction observés sont particulièremeut intenses.

EMBRYOGÉNIE. — *La croissance du poumon fœtal chez le Mouton et les variations concomitantes de sa composition* (1). Note (2) de MM. **Fauré-Fremiet**, **J. Dragoiu**, et Mlle **Du Vivier de Streel**, présentée par M. Henneguy.

I. *Courbe de croissance du poumon fœtal.* — Nous avons déterminé le poids frais de l'appareil pulmonaire (trachée non comprise) chez une

(1) Travail fait à l'aide d'une subvention sur le fonds Bonaparte.

(2) Séance du 28 juin 1920.

quarantaine de fœtus de Mouton dont les longueurs étaient comprises entre $3^{cm}$ et $50^{cm}$. L'âge de ces fœtus a été déterminé d'après les données de Gurlt [1]; celles-ci permettent de construire une courbe de variations de longueur du fœtus en fonction du temps, courbe avec laquelle il est facile de trouver approximativement, par interpolation, l'âge d'un fœtus de dimension quelconque.

Inscrits en fonction du temps, les poids des poumons fœtaux se groupent assez étroitement autour d'une courbe moyenne en S. Cette courbe montre que l'accroissement propre du poumon dans l'unité de temps (accroissement journalier par exemple) est faible d'abord, puis augmente rapidement entre la septième et la quatorzième semaine, reste sensiblement constant jusqu'à la dix-septième pour diminuer progressivement entre la dix-septième et la vingt-deuxième qui est celle de la naissance.

Brailsford Robertson a proposé pour les courbes de croissance de différents organes, l'équation

$$\operatorname{Log} \frac{x}{A x} = K(t - t_1),$$

dans laquelle $x$ représente le poids de l'organe au temps $t$, A le poids final et $t_1$ le temps correspondant au poids $\frac{A}{2}$. Cette équation s'applique à la courbe moyenne de croissance du poumon fœtal.

Le poumon fœtal constitue d'abord 2,6 pour 100 environ du poids du corps (fœtus de $10^{cm}$), puis 5 pour 100 environ (fœtus de $18^{cm}$). Cette proportion se conserve assez régulièrement jusqu'à la naissance.

Nous avons étudié en fonction de l'âge, les variations de la teneur en eau, cholestérine, acides gras, phosphore lipoïdique et glycogène du poumon fœtal.

*Eau.* — La quantité d'eau contenue dans le tissu pulmonaire diminue progressivement pendant toute la durée de la vie fœtale. La septième semaine, l'eau constitue 91 à 91,9 pour 100 du poids de poumon frais; mais on remarque que les écarts dans les déterminations augmentent d'une manière très sensible de la onzième à la treizième semaine, et peuvent atteindre 4 pour 100. L'observation histologique montre fréquemment à partir de ce stade, et toujours, aux stades plus avancés, que le liquide amniotique pénètre jusque dans le poumon à la suite de mouvements asphyxiques, et la présence de ce liquide fausse les résultats. En effet, tandis que le poumon adulte renferme environ 78 pour 100 d'eau, la courbe des chiffres

---

(1) Gurlt, *Lehrbùch der Vergleichenden Physiologie der Haus-Saugethiere*, 1847.

maxima nous donne 89,7, à la 13e semaine, et 88,9 à la 22e, qui est celle de la naissance.

La courbe des chiffres minima nous donne une décroissance beaucoup plus marquée : 91 pour 100 à la 7e semaine, 89,2 à la 10e, et 85,7 à la 12e; nous devons admettre que toutes les déterminations portant sur les stades ultérieures sont illusoires.

*Cholestérine.* — La cholestérine a été dosée par la méthode de Windhaus soit après saponification totale, soit après extraction alcoolique ou acétonique; dans ce cas, la digitonine précipite la totalité de la cholestérine, comme après saponification; on peut donc admettre que dans le poumon fœtal du Mouton, comme dans le poumon adulte, toute la cholestérine est libre et non éthérifiée (1).

Les dosages faits sur l'extrait alcoolique ou acétonique nous ont donné des chiffres qui, calculés pour 100 parties de tissu sec, ne présentent autour de la moyenne 1,38 que de faibles variations sans rapport avec la croissance; on peut admettre que la proportion de cholestérine ne varie pas pendant toute la durée du développement; sa quantité totale augmente donc parallèlement à la masse du tissu pulmonaire.

*Acides gras.* — La quantité d'acides gras, pour 100 parties de tissu sec, augmente d'une manière continue pendant la vie fœtale, passant de 3,7 pour 100, à la 7e semaine $\frac{1}{2}$, à 7,1 pour 100 à la 22e semaine. Il n'y a donc pas de constante lipocytique du tissu pulmonaire pendant la vie fœtale puisque la cholestérine reste invariable.

L'accroissement de la quantité *totale* (2) des acides gras dans l'unité de temps augmente pendant la première partie du développement et diminue dans la seconde, mais suivant une courbe différente de celle du poids du poumon.

*Phosphore lipoïdique.* — Le phosphore lipoïdique a été dosé volumétriquement sous la forme de phosphomolybdate à partir de l'extrait alcoolique. Nous avons trouvé 0,174 de phosphore pour 100 parties de tissu sec dans la 19e semaine, 0,188 pour 100 dans la 15e et 0,288 pour 100 à la 22e.

Il semble que l'augmentation du phosphore lipoïdique *total* dans l'unité de temps soit constante. La quantité de phosphore pour 100 parties de précipité acétonique des lipoïdes pulmonaires nous a donné dans deux cas 3,3 et 3,4.

---

(1) Ce fait a été mis en évidence par Verhague pour le poumon de Veau, et par l'un de nous et J. Weill pour le poumon de Cobaye.

(2) Rapportées au poids du poumon entier.

*Glycogène.* — Le glycogène a été dosé par la méthode de Bierry et Gruzewska. Par rapport au tissu pulmonaire, il constitue d'abord 2,16 à 2,36 pour 100 du poids sec (10^e et 11^e semaine), pour descendre ensuite à 0,3 pour 100 (18^e semaine).

On constate que, de la 10^e à la 12^e semaine, le glycogène *total* augmente d'une manière continue, tandis qu'il subit une chute rapide dans la 12^e semaine et jusqu'à la 15^e. A partir de celle-ci il augmente à nouveau légèrement.

*Conclusions.* — La teneur du tissu pulmonaire en eau, lipoïdes et glycogène varie continuellement pendant la vie fœtale.

L'augmentation de la masse pulmonaire dans l'unité de temps passe par un maximum pendant la 14^e semaine; il en est de même pour l'augmentation de la quantité totale des acides gras.

D'autre part, nous constatons pendant la 13^e semaine :

1° Une diminution plus accentuée de la quantité d'eau;

2° Un maximum d'accroissement de la quantité de glycogène immédiatement suivie d'une diminution rapide et continue.

Nous pourrons donc admettre que la période comprenant la fin de la 13^e semaine et le début de la 14^e (fœtus de 30^cm à 35^cm) représente une période critique dans le développement du poumon fœtal.

BACTÉRIOLOGIE. — *Culture du bacille tuberculeux sur milieu à base de levure autolysée.* Note de M. **Robert Sazerac**, présentée par M. E. Roux.

La levure autolysée a déjà été employée par plusieurs auteurs pour la confection de milieux de culture qui se sont montrés favorables au développement de certains microbes. Vansteenberghe (¹) a étudié, sur de tels milieux, le développement de la levure elle-même et du ferment lactique. F. Diénert et A. Guillerd (²) ont obtenu, par un procédé de culture analogue, pour le *B. coli*, des résultats supérieurs à ceux que peuvent donner les bouillons peptonés. Kliger (³) a pu cultiver avec plus ou moins de succès, dans les mêmes conditions, les bactéries suivantes : *B. coli*, *B. dysenteriæ*, *B. diphteriæ*, streptocoques, staphylocoques.

Nous avons pensé que le bacille tuberculeux, en particulier, pourrait

(¹) *Ann. Institut Pasteur*, t. **31**, 1917, p. 601.
(²) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 256.
(³) *Journal of Bacteriology*, t. **4**, p. 183.

trouver des conditions capables de favoriser son développement dans un milieu renfermant des produits d'autolyse de la levure, parmi lesquels on trouve notamment, en quantité notable, des acides aminés de nature variée.

Le liquide de culture que nous avons utilisé pour nos essais était préparé comme il suit : 100$^g$ de levure de boulangerie sont abandonnés à l'autodigestion, durant 48 heures, à la température de 47°-48°. Au bout de ce temps, la masse semi-liquide obtenue est agitée avec 1000$^g$ d'eau de source ; on filtre ; on ajoute 5 pour 100 de chlorure de sodium et l'on alcalinise nettement ; puis on ajoute encore 4$^g$ pour 100 de glycérine.

On chauffe à l'autoclave, dans la vapeur fluante, durant 30 minutes; il se forme un léger dépôt; on filtre une seconde fois; puis le liquide est stérilisé à 115° durant 15 minutes. On obtient ainsi un milieu très limpide, qui présente tout à fait l'apparence et la coloration du bouillon de viande ordinaire. Il donne un extrait sec correspondant à 16$^g$ par litre de matières extractives. 100$^g$ du produit d'autolyse renferment environ 2$^g$,12 d'acides aminés et 0$^g$,18 de tryptophane.

Sur ce milieu, les bacilles tuberculeux d'origine humaine et d'origine bovine, provenant d'une culture sur bouillon de viande glycériné, commencent à se développer au bout de 4 à 5 jours, à la température de 37°-38°, et le voile microbien augmente ensuite régulièrement, pour donner son maximum au bout de 15 à 20 jours. Nos cultures ont été effectuées comparativement avec celles qui servent, à l'Institut Pasteur, pour la préparation de la tuberculine. Nous avons observé des résultats presque égaux, en ce qui concerne l'apparence du voile et le rendement en poids. La moyenne des pesées a donné, avec le nouveau milieu, 0$^g$,496 de corps microbiens pour 100$^g$ de liquide, alors qu'on note, en général, un poids voisin de 0$^g$,500 pour la même quantité de culture sur bouillon de viande glycériné. Il est à remarquer que ces premiers résultats concernent une culture de premier jet sur un milieu où le bacille n'a pas encore végété et, de ce fait, ils paraissent encourageants. L'accoutumance permettra sans doute d'obtenir des cultures encore plus rapides et plus abondantes.

Des expériences sont en cours dans le but de savoir si le liquide de culture renferme une tuberculine active.

D'autre part, nous effectuons des dosages qui nous permettront de déterminer la proportion des matières grasses contenues dans les corps microbiens développés sur le bouillon de levure autolysée; et, en outre, nous cherchons à obtenir des cultures assez abondantes du bacille sur le même milieu non additionné de glycérine.

MÉDECINE. — *Ostéogénèse dans les greffes d'os mort.* Note (¹) de M. J. **Nageotte**, présentée par M. d'Arsonval.

La substance d'un greffon de cartilage mort provoque, comme je l'ai montré (²), la métaplasie du tissu conjonctif ordinaire en tissu de moelle osseuse, puis en os. La substance osseuse, dans les mêmes conditions, détermine également l'apparition du tissu osseux à son contact.

Pour étudier les greffes osseuses vivantes et mortes dans les conditions les plus simples, je me suis adressé à des fragments de palette d'omoplate de lapin introduits sous la peau de l'oreille d'animaux de même espèce. Les pièces ont été prélevées, dans deux expériences, au bout de deux mois et, dans une expérience, au bout de quatre mois et demi. Dans chaque expérience cinq greffes avaient été faites sur chaque oreille.

En ce qui concerne les greffes vivantes, j'ai pu confirmer les résultats obtenus par A. Barth (³) : un grand nombre de cellules osseuses meurent malgré toutes les précautions prises et malgré la minceur des lamelles greffées. Il ne subsiste que quelques cellules éparses ou groupées en plages peu étendues et irrégulièrement réparties. Tout le reste du greffon ne contient plus que des cellules mortes et, dans leur ensemble, les greffons introduits vivants ne se comportent pas autrement que ceux qui ont été traités par l'alcool.

A ce point de vue, il y a un contraste absolu entre la vitalité des cellules cartilagineuses, qui résistent même dans des conditions défavorables telles que la conservation dans la solution de Ringer, et la fragilité des cellules osseuses, qui supportent si mal une homotransplantation immédiate.

Les greffons osseux, qu'ils aient été introduits morts ou vivants, sont le siège de phénomènes identiques et provoquent autour d'eux les mêmes réactions.

Il se produit dans ces greffons, comme on l'observe dans l'os normal, des érosions dans lesquelles s'installe un tissu médullaire qui peut être réduit à un stroma conjonctif, mais qui peut aussi se garnir de petites cellules

(¹) Séance du 19 juillet 1920.

(²) J. Nageotte, *Ostéogenèse dans les greffes de cartilage mort* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 737).

(³) A. Barth, *Ueber histologische Befunde nach Knochenimplantationen* (*Langenbeck's Archiv f. klin. Chirurg.*, t. 44, 1893); *Zur Frage der Vitalität replantirter Knochenstücken* (*Berl. kl. Wochschr.*, 1894).

arrondies. Souvent le processus va plus loin; il se forme des ostéoplastes par métaplasie de cellules conjonctives et une pièce de tissu osseux vivant vient remplir l'érosion en se soudant à la substance de l'os mort. Il peut aussi se faire des pièces semblables à l'intérieur des cavités médullaires réhabitées, lorsque le greffon comprend du tissu spongieux. Quels que soient les facteurs élémentaires mis en œuvre, il est certain que la métaplasie résulte d'une influence spécifique exercée sur les fibroblastes par la substance osseuse, alors même qu'elle est privée des cellules vivantes qui l'habitent normalement.

Mais les phénomènes consécutifs à l'introduction d'un greffon, mort ou vivant, au sein d'un organisme vivant sont toujours complexes. Si la qualité spécifique du tissu greffé joue un rôle important, comme je l'ai montré, et si elle peut commander l'apparition de métaplasies dans un sens déterminé, d'autres facteurs doivent aussi être pris en considération.

Par sa masse, le greffon amène nécessairement un changement dans l'ensemble des conditions ambiantes au point où l'opération est faite. Il peut en résulter des métaplasies qui sont en rapport, non plus avec une action spécifique du tissu greffé, mais avec une perturbation apportée dans l'équilibre statique de la région par l'introduction d'un élément nouveau, constitué par un fragment de matière organisée.

C'est ainsi par exemple qu'une pièce squelettique, dont la forme et les rapports sont déterminés et qui peut être indifféremment cartilagineuse, osseuse ou mixte, se forme par métaplasie dans l'oreille du lapin sous l'influence de greffons morts, quelle que soit la nature de leur tissu, cartilage ou fragments de tuniques artificielles.

Il importe de ne pas se laisser induire en erreur par ce phénomène, que provoquent aussi, d'habitude, les greffons osseux *en plus* de l'ostéogenèse par simple contact. Dans ce cas il apparaît une série de noyaux *osseux ou cartilagineux* appliqués, sans érosion préalable, contre la face du greffon tournée vers le cartilage de l'oreille. Ici, comme pour l'ostéogenèse au contact du cartilage mort, la distinction entre l'influence régionale, due à la masse du greffon, et l'action spécifique, en rapport avec la nature de son tissu, est facile à faire, en tenant compte de la topographie des foyers de métaplasie observés ; mais il est manifeste que les deux influences peuvent se renforcer en se superposant, et c'est un fait qu'il est bon de noter.

Il résulte de là que, pour interpréter correctement les résultats observés à la suite de l'introduction d'un greffon osseux dans une région quelconque, il faudra tenir compte : 1° des qualités propres du greffon, en tant que

substance capable de provoquer à son contact la métaplasie du tissu conjonctif en os; 2° des changements que l'introduction du greffon peut amener dans l'équilibre des tissus de l'hôte, soit en apportant un facteur nouveau, comme je viens de le montrer, soit au contraire en favorisant, par la reconstitution anatomique d'une région bouleversée, la réapparition des conditions physiologiques normales. Quelle que soit exactement la nature de ces changements, ils peuvent se traduire par une ostéogenèse, qui vient s'ajouter à l'ostéogenèse due aux qualités spécifiques de la substance greffée.

Je dois faire remarquer, en terminant, que si les caractères spécifiques du greffon semblent importer assez peu dans la production d'os par changement dans les conditions d'équilibre de la région où la greffe est introduite, par contre, les caractères génériques de la *matière organisée* jouent un rôle capital dans ce phénomène : les lamelles de substances non organisées, telles que collodion, ébonite, verre, argent, etc., introduites dans l'oreille du lapin, sont parfaitement tolérées, mais elles ne déterminent jamais la formation de cette pièce squelettique surnuméraire qui s'observe habituellement à la suite de la greffe de tissus morts.

HYGIÈNE EXPÉRIMENTALE. — *Influence de la présence de traces infinitésimales de substances nutritives dans l'humidité de l'air sur la contagion.* Note de M. **A. Trillat**, présentée par M. E. Roux.

Les résultats de précédentes expériences [1] ont fait ressortir le rôle important de l'humidité dans la transmission d'une épidémie par l'intermédiaire de l'air. Je rappellerai que ces essais ont montré que dans le cas de la contagion des souris par le B. paratyphique, la mortalité des animaux exposés à une ambiance saturée d'humidité était beaucoup plus élevée que dans le cas de l'air sec.

On pouvait se demander si la composition de cette humidité, comme par exemple celle qui résulterait de la présence de traces infinitésimales d'aliments, pouvait exercer à son tour une influence favorable sur la mortalité des souris, influence qui se superposerait ainsi à la première. Envisagée sous ce jour, cette question n'est pas sans intérêt, car dans la réalité l'humidité de l'air est rarement à l'état de pureté absolue, soit qu'elle est imprégnée

[1] Trillat et Mallein, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1529.

des gaz de la respiration ou des émanations du sol, soit qu'elle contienne à l'état de dissolution une partie des matériaux divers qui constituent la minéralisation de l'atmosphère.

Dans ce but, j'ai répété les expériences décrites dans ma Note précédente, avec la même technique opératoire, en faisant intervenir ce facteur nouveau. Sous deux cloches de même volume (20 litres), on pulvérise dans la première $1^{cm^3}$ d'eau distillée à 18° et, dans la seconde, la même quantité d'eau additionnée d'une proportion infinitésimale de substance nutritive représentée par l'addition de 1 à 2 gouttes de bouillon ordinaire dans $20^{cm^3}$ d'eau. La quantité de la matière nutritive après pulvérisation sous la cloche d'essai a pu être évaluée à environ $\frac{1}{1\,500\,000}$ par rapport au volume d'air.

L'air humide de chaque cloche renfermant les lots de souris, ayant été ensemencé avec une projection microbienne d'une émulsion aqueuse extrêmement étendue de B. paratyphique, on laissait les animaux exposés pendant 5 minutes à l'ambiance microbienne. Les souris étaient retirées et observées pendant 1 mois. Après chaque décès, elles étaient autopsiées et leur sang examiné. Voici à titre d'exemple les résultats, exprimés pour plus de clarté en pourcentage, fournis par trois séries d'expériences :

*Tableau exprimant le pourcentage comparatif de la mortalité de souris exposées dans les mêmes conditions à l'action de nuages microbiens (paratyphique) constitués par l'humidité pure (A) ou par l'humidité renfermant en suspension des substances alimentaires.*

| | Mortalité pour 100. | | |
|---|---|---|---|
| Composition de l'air. | I. | II. | III. |
| A. Air saturé d'humidité pure | 25 | 20 | 40 |
| B. Air humide renfermant $\frac{1}{1\,500\,000}$ d'aliment | 100 | 80 | 80 |
| C. Air sec | 10 | 0 | 0 |

Ces résultats, vérifiés par d'autres essais dans lesquels on a fait varier les conditions d'expériences, suffisent à démontrer que le rôle favorable de l'humidité dans la contagion est encore notablement augmenté par la présence de traces infinitésimales de substances nutritives.

Que de si faibles proportions de substances puissent avoir une action capitale sur la vitalité des germes, et, par suite, sur l'aggravation de la contagion, il n'y a rien là qui doive nous étonner : ces doses sont dans l'ordre de grandeur des microbes. On a vu, d'ailleurs [1], que la vitalité

---

(1) TRILLAT et FOUASSIER, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1184.

des microbes en suspension dans l'air était extraordinairement sensible aux agents physiques et chimiques, infiniment plus que dans le cas des bouillons ordinaires.

Si l'on interprète l'ensemble de ces résultats dans la pratique, on est autorisé à conclure que le rôle favorisant de l'humidité dans la transmission des épidémies par les projections microbiennes est encore augmenté quand cette humidité renferme des aliments solides ou gazeux. Or, cette circonstance se présente dans une foule de cas, notamment lorsque l'air est souillé par les produits gazeux de la respiration. Les brouillards dont la composition chimique mériterait d'être mieux approfondie peuvent, à la fois, présenter cette superposition de facteurs favorisants.

Enfin, au point de vue application pour l'hygiène, cette étude fait ressortir une fois de plus l'utilité de l'évacuation des buées respiratoires qui renferment tous les éléments propices à l'ensemencement et à la multiplication rapide des microbes.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 28 juin 1920.)

Note de M. *Maurice Gouineau*, Vérification de la thermo-électricité du mercure liquide :

Page 1568, ligne 25, *au lieu de* la différence double de température $2t$, *lire* la différence double de température $2\Delta t$; ligne 26, *au lieu de* $u 8 k(5)^3$, *lire* $u = 8k(\Delta T)^3$.

Note de M. *Andant*, Contribution à l'étude de l'état critique de l'éther éthylique :

Page 1573, *au lieu de* Audant, *lire* Andant.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 2 AOUT 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **MOURELO**, Membre de l'Académie des Sciences de Madrid, qui assiste à la séance.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

L'Académie est éprouvée par un nouveau deuil. Notre illustre confrère, le Dr **ARMAND GAUTIER**, est mort la semaine dernière à Cannes après une longue maladie. Il avait atteint sa 83e année.

Le Dr Gautier a été un des plus grands chimistes de notre temps ; il a fait de belles découvertes auxquelles son nom restera toujours attaché, et sa vie scientifique est un modèle à présenter aux jeunes générations.

Il s'était formé lui-même au contact de la nature et il aimait à le rappeler. Son père, médecin à Montpellier, avait des idées larges sur l'éducation ; il a laissé son fils croître en toute liberté à la campagne, sans lui imposer de longues stations à l'école ; il a seulement guidé sa curiosité, déjà fort éveillée, vers les êtres et les choses de son entourage.

Après avoir pensé un instant à l'Ecole Polytechnique, le jeune Gautier suit la vocation qui l'entraîne vers les études chimiques et fait en même temps sa médecine.

Pendant cinq ans, à la Faculté de Montpellier, il reste attaché à un laboratoire de chimie, d'abord comme aide-préparateur, puis comme prépa-

rateur. Il apprend à manipuler et devient un très habile expérimentateur.

Fortement attiré par la théorie atomique et la grande idée simple qui est à sa base, il se rend à Paris pour suivre les cours du professeur Wurtz, qui était l'apôtre de la nouvelle école.

En même temps, il complète son instruction théorique et, pendant deux ans, suit des cours de mathématiques et de physique. Il entre alors au laboratoire de Wurtz, étant bien mûr pour la recherche scientifique; et, en effet, l'année suivante, en 1866, il débute par un travail magistral qui le place aussitôt au premier rang.

Il découvre une classe nouvelle de corps importants, les *carbylamines*, qui, produits en même temps que les nitriles, avaient échappé aux premiers expérimentateurs. Il arrive à les isoler et à déterminer nettement leur véritable constitution. Ce sont des isomères des nitriles, qui, ayant la même composition chimique, ont un arrangement différent des atomes et des propriétés aussi très différentes.

Considéré par tous comme un maître, il est nommé successivement, en 1869, agrégé à la Faculté de Médecine; en 1872, directeur du premier laboratoire de Chimie biologique organisé en France; en 1884, à la mort de Wurtz, professeur de Chimie médicale, et, en 1889, membre de notre Académie.

En fait, pendant cinquante ans, il a poursuivi des recherches fécondes sur les sujets les plus variés; son principal effort a porté sur la chimie biologique, qui, de toutes les branches de la Chimie, est peut-être la plus difficile. Les résultats sont consignés dans plus de 600 Mémoires; on ne peut rappeler ici que les principaux.

En 1872, il découvre dans les matières animales en putréfaction des alcaloïdes nouveaux, appelés *ptomaïnes*, et analogues à la nicotine; jusqu'alors ces corps particuliers avaient été trouvés seulement dans les végétaux. Cette importante question l'a occupé pendant dix années; et, finalement, il annonce que des corps analogues, les *leucomaïnes*, se rencontrent dans les tissus animaux, en pleine vie normale.

Plus tard, il annonce, contrairement aux idées reçues, la présence constante de l'arsenic dans certains organes des animaux, et il met en relief le rôle important, jusqu'alors méconnu, de l'arsenic et aussi de l'iode dans notre organisme; ce qui le conduit à des médicaments ayant pour base l'arsenic et aujourd'hui très employés.

Dans le règne végétal, il reconnaît la diffusion grande de corps analogues

à la catéchine; il découvre des différences notables dans les chlorophylles retirées des divers végétaux; il fait une étude complète de la matière colorante du raisin.

Une mention spéciale doit être réservée aux recherches longues et étendues qu'il a poursuivies pour le Conseil d'hygiène et de salubrité sur les impuretés de l'air dans les villes. L'oxyde de carbone, qu'on s'attendait à trouver, manque absolument, mais deux faits nouveaux apparaissent : l'air normal sur toute la Terre contient toujours une quantité sensible d'hydrogène libre et des traces d'iode. Ce dernier élément est rapporté par lui à des algues microscopiques; mais d'où vient l'hydrogène, qui, d'autre part, est absorbé constamment par l'ozone atmosphérique? D'après M. Gautier, il provient des roches primitives profondes; car ces roches, chauffées à 300° dans son laboratoire, dégagent entre autres gaz de l'hydrogène. Même, les gaz émis ont la composition des gaz volcaniques; et il est conduit, d'une part, à une théorie des volcans, adoptée plus tard par Suess, et, d'autre part, à la division nécessaire des sources thermales en deux classes.

Une simple étude d'hygiène a été étendue, peu à peu, pour aboutir à des conceptions nouvelles sur la Physique du globe.

Dans l'ensemble, le Dr Gautier a été plus qu'un grand chimiste; il a été un philosophe pénétrant qui a bien rapproché les phénomènes, et a émis sur eux des idées originales. Comme tous les vrais expérimentateurs, il s'est laissé guider surtout par les faits; ses principales découvertes étaient contraires aux théories régnantes.

Il avait l'amour profond de la Science, et il s'intéressait vivement à toutes les découvertes, même à celles faites en dehors de la Chimie. Ayant la foi avec un bel idéal, il était resté jusqu'à la fin jeune d'esprit et jeune de cœur.

L'Académie salue en lui un des hommes qui, par l'œuvre accomplie, par le caractère, lui ont fait le plus d'honneur; et, fortement touchée elle-même, elle adresse à sa famille de très vives condoléances.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la représentation d'un entier par les formes d'Hermite indéfinies, dans un corps quadratique imaginaire.* Note [1] de **M. G. Humbert.**

1. Dans une Note des *Comptes rendus* (t. 166, 1918, p. 870), j'ai indiqué cette proposition que toutes les formes d'Hermite *indéfinies* $(a, b, b_0, c)$, du

[1] Séance du 26 juillet 1920.

corps $i\sqrt{P}$, [où $P \equiv 1, 2 \pmod 4$] proprement primitives, de déterminant (positif) $bb_0 - ac$ donné, D, appartiennent à une seule *classe* quand D n'a, avec P, aucun diviseur impair ($> 1$) commun et n'est pas multiple de 4.

La même proposition s'applique aux formes de l'anneau $i\sqrt{P}$, pour $P \equiv 3 \pmod 4$ : ce sont celles où, $a$ et $c$ étant toujours des entiers ordinaires, $b$ et $b_0$ sont des entiers conjugués, $b_1 \pm ib_2\sqrt{P}$, de l'anneau, les formes d'une classe se déduisant de l'une d'elles par les substitutions de déterminant $+1$, à coefficients entiers de l'anneau.

La démonstration, pour P impair et $D \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$ est celle même qui a été développée (*loc. cit.*) dans le cas de $P = 1$; les cas de $P \equiv 2$ et $D \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$ se traiteraient d'une manière analogue.

Nous nous supposerons d'abord placés dans le cas indiqué [P et D premiers entre eux, au facteur 2 près, et $D \not\equiv 0 \pmod 4$], où les énoncés et les formules sont plus simples; quelques mots suffiront ensuite pour le cas général.

On désignera, dans ce qui suit, par $\mathfrak{S}$ le corps *ou* l'anneau $i\sqrt{P}$, selon que P est congru à 1, 2 *ou* à $3 \pmod 4$; comme représentante des formes proprement primitives de déterminant D, on choisira la forme

$$f = xx_0 - Dyy_0.$$

2. *Groupe reproducteur de f.* — Les substitutions sur $x, y$ de déterminant $+1$, à coefficients entiers dans $\mathfrak{S}$, qui reproduisent $f$ (la substitution conjuguée étant opérée sur $x_0, y_0$) ont pour expression

$$(1) \qquad |x, y; \lambda x + D\nu_0 y, \nu x + \lambda_0 y|,$$

$\lambda$ et $\nu$ étant des entiers de $\mathfrak{S}$, de conjugués $\lambda_0$ et $\nu_0$, liés par

$$(2) \qquad \lambda\lambda_0 - D\nu\nu_0 = 1.$$

Les substitutions correspondant à une variable, à savoir les

$$(S) \qquad z' = (\lambda z + D\nu_0) : (\nu z + \lambda_0),$$

forment un groupe automorphe, $g$, ayant le cercle principal C, d'équation

$$\xi^2 + \eta^2 = D,$$

admettant un domaine fondamental $\mathfrak{P}$ à l'extérieur de C et un domaine analogue, $\mathfrak{P}'$, à l'intérieur : les côtés de $\mathfrak{P}$ et de $\mathfrak{P}'$, arcs de cercle orthogonaux à C, sont portés respectivement par les mêmes circonférences.

La méthode même de formation ([1]) de $\mathfrak{P}$ et de $\mathfrak{P}'$ montre que ces do-

---

([1]) Voir, par exemple, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 205.

maines, du moins pour $P > 1$, sont symétriques par rapport aux axes $O\xi, O\eta$. Pour $P = 1$, la symétrie n'existe que par rapport à $O\eta$ et un côté de $\mathfrak{P}$ (et de $\mathfrak{P}'$) est porté par $O\xi$.

Voici une remarque qui nous sera utile plus loin : pour que (S) soit elliptique, il faut et il suffit, on le voit aisément, que $\lambda + \lambda_0$ soit nul; la période est alors 2, et, en posant $\lambda = li\sqrt{P}$, avec $l$ entier réel, les points doubles, $\zeta$, de (S) sont donnés, compte étant tenu de (2), par

$$\mu\zeta = li\sqrt{P} \pm i.$$

Si donc $P > 1$, *ce que nous supposerons, sauf avis contraire*, $\zeta$ ne peut être le quotient de deux entiers de $\mathfrak{S}$, c'est-à-dire que $\mathfrak{P}$ et $\mathfrak{P}'$ n'auront *aucun sommet elliptique*, $\zeta$, qui soit du type $\frac{x}{y}$, avec $x, y$ entiers de $\mathfrak{S}$.

3. *Représentations restreintes, par f.* — Soit $m$ un entier ordinaire *positif et premier à* $2D$; si I est un idéal de $\mathfrak{S}$, nous dirons que $m$ admet une représentation par $f$, appartenant à I, quand il existe deux entiers, $x, y$, de I, tels qu'on ait

$$(3) \qquad m = \frac{1}{\mathfrak{N}\mathrm{I}} f(x, y), \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad m = f\left(\frac{x}{\mathrm{I}}, \frac{y}{\mathrm{I}}\right),$$

dans nos notations habituelles. Nous supposerons toujours que I est un idéal de base $(q, g + i\sqrt{P})$, associé à la forme binaire positive $(q, g, r)$, de discriminant $qr - g^2$ égal à P; la norme de I sera $q$; les entiers de I seront les $qu + (g + i\sqrt{P})v$, avec $u, v$ entiers ordinaires, et $f(x, y)$, si $x, y$ sont de ce type, sera divisible par $q$.

La représentation (3) sera *propre* si les entiers de $\mathfrak{S}$, $\frac{xx_0}{q}, \frac{yy_0}{q}, \frac{xy_0}{q}, \frac{yx_0}{q}$ ne sont divisibles simultanément par aucun entier ordinaire ($> 1$).

Si l'on a une représentation *propre*, (3), de $m$ par $f$, appartenant à I, on en déduit une infinité d'autres en opérant sur $x, y$ une quelconque des *automorphies* (1) de $f$; les représentations propres, appartenant à I, de $m$ par $f$, se répartissent donc en *séries*, et, si l'on reprend les raisonnements faits par nous à propos des formes positives, on constate qu'ils s'appliquent au *nombre de ces séries* : on trouve ainsi, pour ce dernier, le nombre N défini aux *Comptes rendus* (t. 169, 1919, p. 314).

On peut aussi, au lieu de séries, parler de représentations proprement dites : en vertu même de l'existence du domaine $\mathfrak{P}$, d'une représentation propre $x, y$ appartenant à I, on déduit, par les automorphies de $f$, *deux*

représentations analogues distinctes, X, Y et $-X$, $-Y$, telles que le point $\frac{X}{Y}$ appartienne au domaine $\mathfrak{P}$.

Nous appellerons *restreinte* toute représentation (I; X, Y) pour laquelle le point X : Y appartient à $\mathfrak{P}$, et, par ce qui précède, le nombre des représentations propres, restreintes, appartenant à I, de $m$ par $f$, est égal à 2N.

Naturellement, on ne regarde, comme faisant partie du domaine $\mathfrak{P}$, que la moitié des côtés et une partie des sommets, de telle sorte que, dans le domaine ainsi compris, il y ait un et un seul point équivalent, dans $g$, à un point donné.

Si, pour une représentation, le point X : Y était un sommet elliptique $\zeta$ de $\mathfrak{P}$, de période $k$, il faudrait ne compter la représentation, dans 2N, que pour $1:k$; mais ce cas singulier ne peut se produire (n° 2), du moins pour $P>1$.

Cela posé, en continuant à suivre pas à pas les raisonnements faits dans le cas des formes positives, on arrive à la formule fondamentale suivante :

$$(4)\qquad \sum_{c;\,X,\,Y} f^{-s}\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right) = 2h\sum\frac{1}{n^s}\cdot\sum\frac{1}{n^{s-1}}\cdot\prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{D}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}\right].$$

Au second membre, $n$ parcourt les entiers ordinaires premiers à 2D; $h$ est le nombre des réduites de Gauss, proprement primitives, positives, de discriminant P; $s$ est une quantité arbitraire $>2$; le produit $\Pi$ s'étend à tous les diviseurs premiers $\varpi$ impairs ($>1$) de P.

Au premier membre, $I_1, I_2, \ldots, I_h$ désignent les idéaux $(q, g+i\sqrt{P})$, de $\mathfrak{S}$, associés aux $h$ réduites de Gauss $(q, g, r)$ ci-dessus; $c$ prend les valeurs $1, 2, \ldots, h$; $c$ étant fixé, X et Y désignent *tous* les couples d'entiers de $I_c$ tels :

1° Que l'entier ordinaire $f\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right)$ soit positif et premier à 2D;

2° Que le point $\frac{X}{Y}$ appartienne au domaine $\mathfrak{P}$.

*Remarque.* — Avec $m<0$, on trouverait encore la formule (4), où l'on écrirait $|f|$ à la place de $f$, et en convenant que $f\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right)$ doit être *négatif*, premier à 2D, et que le point $\frac{X}{Y}$ doit appartenir au domaine $\mathfrak{P}'$.

5. *Corollaire I.* — Le nombre N n'est nul [1] que si $m$ a, avec P, un ou

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 314.

plusieurs facteurs premiers communs $\sigma$, tels que $\left(\frac{D}{\sigma}\right) = -1$; de là quelques conséquences.

Dans les énoncés qui suivent, nous supposerons : 1° $m$ positif ou négatif, premier à $2D$, et n'ayant avec P aucun facteur premier commun $\sigma$, tel que $\left(\frac{D}{\sigma}\right) = -1$; 2° P et D premiers entre eux (au facteur 2 près) et $D \not\equiv 0 \pmod{4}$. On se rappellera, de plus, que P n'a pas de diviseur carré ($> 1$).

1° L'équation

$$m = z^2 + Pt^2 - D(u^2 + Pv^2)$$

est soluble en nombres entiers $z$, $t$, $u$, $v$.

2° De même, l'équation

$$m = A(z^2 + Pt^2) - B(u^2 + Pv^2),$$

où A et B sont entiers, positifs et premiers entre eux, AB jouant le rôle de D dans les hypothèses ci-dessus.

Cela tient à ce que les formes $Axx_0 - Byy_0$ et $xx_0 - AByy_0$ sont alors de la même classe (n° 1).

3° De même, l'équation

$$m = \varphi(z, t) - D\varphi(u, v), \tag{5}$$

où $\varphi(z, t)$ est une forme quadratique binaire quelconque, positive, proprement primitive, de discriminant P, à coefficients entiers.

Car (5) est une représentation (3), où I serait l'idéal associé à $\varphi$.

Conclusion analogue pour $m = A\varphi(z, t) - B\varphi(u, v)$, le produit AB jouant le rôle de D.

6. *Corollaire II.* — La formule (4) donne facilement cette conséquence. Soit $m$ un entier ordinaire $\gtrless 0$, premier à $2DP$; le nombre *total* des représentations restreintes de $m$ par $f$, appartenant aux idéaux $I_1, I_2, \ldots, I_h$, définis au n° 3, est $2h$ fois la somme des diviseurs de $|m|$.

7. *Cas de* $P = 1$. — Bornons-nous, comme dans les *Comptes rendus* (1918, t. 166, p. 581), à $m > 0$. Il est possible (n° 2 ci-dessus) que, dans la représentation $M = xx_0 - Dyy_0$, le point $x : y$ coïncide avec le point double, $\zeta$, d'une substitution de $g$, à savoir le point [1] $\zeta = (l + \varepsilon) : \nu$, où $\varepsilon$ désigne $\pm 1$, $l$ un entier réel et $\nu$ un entier du corps $\sqrt{-1}$, vérifiant

$$l^2 - D\nu\nu_0 = 1. \tag{8}$$

(1) On a écrit $\nu$ au lieu de $\nu : i$, pour simplifier.

Supposons donc $\zeta$ donné et soit $\alpha$ le plus grand commun diviseur (dans le corps) de $l+\varepsilon$ et de $\nu$; posons

(9) $$l+\varepsilon=\alpha\lambda'; \quad \nu=\alpha\nu' \quad (\lambda' \text{ et } \nu' \text{ premiers entre eux}).$$

Si maintenant on pose

(10) $$m=\lambda'\lambda'_0-D\nu'\nu'_0,$$

pour cette représentation de $m$ par $f$, le point $x:y$, ici $\lambda':\nu'$, coïncide avec $\zeta$.

On a la même propriété pour les représentations suivantes de $m\beta\beta_0$ (où $\beta$ est un entier quelconque du corps) :

$$m\beta\beta_0=\beta\lambda'.\beta_0\lambda'_0-D\beta\nu'.\beta_0\nu_0$$

et il est clair que les $m\beta\beta_0$ seront les seuls entiers positifs M pour lesquels, dans une représentation $M=xx_0-Dyy_0$, le point $x:y$ coïncidera avec $\zeta$.

Comme nous ne représentons que les entiers positifs, premiers à 2D, il faudra nécessairement, pour que le cas puisse exister, que $m$ soit lui-même positif, et premier à 2D.

On tire facilement de (8), en tenant compte de (9), de (10) et de $\alpha\lambda'=\alpha_0\lambda'_0$ déduit de (9), la relation

(11) $$m\alpha_0=2\varepsilon\lambda'.$$

Elle entraîne $m=1$. Car, $m$ positif et *impair*, s'il dépasse 1, aura un facteur premier impair, $p$, et $p$, par (11), divisera $\lambda'$, puis, par (10), il divisera $D\nu'\nu'_0$, donc $\nu'_0$, puisque $\nu'$ est premier à $\lambda'$, et que D l'est à $m$. Mais $p$, *réel*, divisant $\nu'_0$ divisera aussi son conjugué, $\nu'$, ce qui est impossible, $\nu'$ étant premier à $\lambda'$. Donc $m=1$.

Alors on a $\zeta=\frac{\lambda'}{\nu'}$, avec (10), écrit $\lambda'\lambda'_0-D\nu'\nu'_0=1$, ce qui montre que $\zeta$, dans $g$, équivaut à $\infty$, par la substitution $z'=\frac{\lambda'z+D\nu'_0}{\nu'z+\lambda'_0}$, de $g$.

Donc, enfin, le seul sommet de $\mathfrak{P}$ à considérer est $\infty$, qui est, en effet, point double de la substitution, de période 2, $z'=(iz):(-i)$, dès lors on devra compter seulement pour $\frac{1}{2}$ une représentation $M=xx_0-Dyy_0$ dans laquelle $y=0$. On supprime l'exception en considérant, au lieu de $\mathfrak{P}$, qui admet l'axe réel pour un de ses côtés, l'*ensemble* de $\mathfrak{P}$ et de son symétrique, $\mathfrak{P}_1$, par rapport à l'origine, soit $\mathfrak{P}+\mathfrak{P}_1$, et la formule (4) s'écrit alors

(12) $$\sum_{X,Y} f^{-s}(X,Y)=4\sum\frac{1}{n^s}\cdot\sum\frac{1}{n^{s-1}}.$$

Au second membre, $n$ parcourt les entiers $> 0$, premiers à $2D$; au premier, X, Y sont les couples d'entiers du corps $\sqrt{-1}$ tels que $f(X, Y)$ soit positif, premier à $2D$, et que le point $X:Y$ appartienne au domaine $\mathfrak{P} + \mathfrak{P}_1$.

C'est ainsi, en réalité, que nous avons opéré dans les exemples de la Note de 1918 citée plus haut; toute difficulté relative aux sommets elliptiques de $\mathfrak{P}$ a disparu. Naturellement, $\mathfrak{P}$ est défini (n° 3) avec la suppression de certains côtés ou sommets; $\mathfrak{P}_1$ l'est avec la suppression des côtés ou sommets symétriques des précédents par rapport à l'origine, d'où la définition de $\mathfrak{P} + \mathfrak{P}_1$. De plus, la portion d'axe réel, symétrique par rapport à o, qui formait frontière entre $\mathfrak{P}$ et $\mathfrak{P}_1$, est considérée comme appartenant *tout entière* à $\mathfrak{P} + \mathfrak{P}_1$, dont elle n'est plus un côté.

Donc, en vertu de (12) :

*Le nombre des représentations de m, entier, positif premier à* $2D$, *par la forme quaternaire réelle* $x^2 + y^2 - D(z^2 + t^2)$, *sous la condition que le point* $(x + iy)(z + it)$ *appartienne à* $\mathfrak{P} + \mathfrak{P}_1$ *est quatre fois la somme des diviseurs de m.*

## CORRESPONDANCE.

MM. **René Baire, Albert Berthelot, Albert Bordeaux, Élie Cartan, Raymond Cornubert, Olivier Couffon, Henri Hérissey, Alphonse Malaquin, René Risser** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique Tempel II, faites à l'Observatoire de Marseille, équatorial Eichens d'ouverture* $0^m,26$. Note de M. **Michkovitch**.

| Dates. 1920. | Temps moyen de Greenwich. | ΔR. | ΔD. | Nombre de comp. | R apparente. | Log. fact. parall. | D apparente. | Log. fact. parall. | ★. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h m s | m s | ′ ″ | | h m s | | ° ′ ″ | | |
| Juill. 20.. | 13.34.22 | +0.46,83 | −3.53,5 | 18:10 | 1.52.46,55 | $\bar{1},572_n$ | −1.16.56,4 | 0,786 | 1 |
| » 20.. | 13.34.22 | −0.13,44 | +7. 3,9 | 18:10 | 1.52.46,26 | $\bar{1},572_n$ | −1.16.58,8 | 0,786 | 2 |
| » 20.. | 14.36.55 | +0.52,97 | −3.59,9 | 10: 6 | 1.52.52,67 | $\bar{1},481_n$ | −1.17. 3,1 | 0,786 | 1 |
| » 20.. | 14.36.55 | −0.27,46 | +4. 7,0 | 10: 6 | 1.52.52,46 | $\bar{1},481_n$ | −1.17. 4,6 | 0,786 | 3 |
| » 21.. | 13.55.26 | +0. 7,60 | +4.30,2 | 16: 7 | 1.55.14,25 | $\bar{1},545_n$ | −1.18.59,6 | 0,784 | 4 |
| » 21.. | 13.55.26 | −0. 6,40 | −6.18,1 | 16: 7 | 1.55.14,63 | $\bar{1},545_n$ | −1.18.57,4 | 0,784 | 5 |

*Étoiles de comparaison.*

| ★. | Gr. | Æ moyenne, 1920,0. | Réduction au jour. | Ⓓ moyenne, 1920,0. | Réduction au jour. | Autorités. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h m s | s | ° ′ ″ | ″ | |
| 1...... | 9,3 | 1.51.57,30 | +2,40 | — 1.13.18,4 | +15,2 | Alger phot. Cl. 29, 56 |
| 2...... | 9,3 | 1.52.57,28 | +2,39 | — 1.24.18,4 | +15,1 | Alger phot. Cl. 29, 60 |
| 3...... | 9,8 | 1.53.17,52 | +2,39 | — 1.21.26,9 | +15,1 | Alger phot. Cl. 1570, 53 |
| 4...... | 8,8 | 1.55. 4,22 | +2,41 | — 1.23.45,2 | +15,1 | Alger phot. Cl. 1570, 57 |
| 5...... | 10,0 | 1.55.18,40 | +2,41 | — 1.12.54,8 | +15,1 | Alger phot. Cl. 1570, 58 |

*Description de la comète.* — La nébulosité de la comète paraît circulaire, de diamètre égal à $5^s$ ou $6^s$. La comète est de grandeur 10,2. Le noyau, assez bien défini, brille par moments comme une étoile $9^M,8$. Beau ciel, images belles.

ASTRONOMIE. — *Contribution à l'étude des images télescopiques.* Note de M. R. Jarry-Desloges, présentée par M. Bigourdan.

Depuis une quinzaine d'années, j'ai eu l'occasion de faire des observations astronomiques et des recherches sur la qualité des images télescopiques, dans un assez grand nombre de stations, d'altitudes diverses, et situées les unes en France, les autres en Algérie. Quoique la qualité des images ait été notée uniformément, ce n'est pas sans une certaine hésitation que je donne ici les résultats trouvés, car pour se rendre bien compte de la qualité des images télescopiques, qui varie de mois en mois dans toutes les stations, il serait nécessaire de procéder à une étude détaillée qui ne peut être entreprise ici (1).

On rencontre en outre de grandes difficultés pour grouper en un tableau les cotes qualitatives données aux images télescopiques trouvées à des altitudes différentes; ces images, en effet, ne sont pas comparables entre elles.

J'ai toujours constaté qu'à de hautes altitudes, c'est-à-dire au-dessus de $500^m$, les images télescopiques paraissent en général plus ondulantes que dans les basses couches de l'atmosphère. Néanmoins, malgré cette agitation plus grande, la netteté et le nombre des détails planétaires aperçus était incomparablement supérieur dans certaines de ces stations par rapport à ce que l'on constatait dans les basses couches de l'atmosphère, même par des images d'un calme parfait comme on en avait parfois à Toury.

(1) On trouvera certaines précisions pour quelques stations dans les Tomes 1, 2, 3, de mes *Observations des surfaces planétaires*, 1908, 1911, 1913. Gauthier-Villars.

Les cotes de qualité aux diverses altitudes ne sont donc pas comparables ; et la cote de Sétif, la même que celle de Paris, n'indique pas que les images dans ces stations soient comparables entre elles; c'est même tout le contraire; par contre, cette cote de Sétif est comparable à celle donnée dans les stations françaises et algériennes d'altitude à peu près similaire, car il ne m'a pas semblé y avoir, entre 900$^m$ et 1500$^m$ d'altitude, une grande différence de qualité dans les images télescopiques.

J'ai donc divisé les résultats trouvés en trois Tableaux : 1° stations françaises de basse altitude; 2° et 3° stations françaises et algériennes de haute altitude. Dans ces Tableaux je n'ai indiqué que les stations où les études ont été faites au moins pendant trois nuits consécutives, et avec mes réfracteurs dont le diamètre est indiqué en centimètres. Le nom des observateurs est donné ainsi par des initiales :

| | | | |
|---|---|---|---|
| G. F. | G. Fournier | V. F. | V. Fournier |
| P. B. | P. Briault | J. D. | Jarry-Desloges |

Les cotes qualitatives sont comptées de 0 à 10, la cote 0 étant la plus mauvaise.

| Stations. | Ouverture des instruments en centimètres. | Cote de qualité. | Observateurs. | Remarques. |
|---|---|---|---|---|
| *Stations françaises d'altitude inférieure à* 150$^m$. | | | | |
| Remilly (Ardennes) | 37, 29, 26, 16 | 3-4 | J. D. | I. |
| Montagne de Reims (Marne) | 16 | 3-4 | G. F. | |
| Paris | 50, 37, 29, 16 | 7-8 | J. D., G. F. | II. |
| Vaiges (Mayenne) | 26 | 2-3 | J. D. | |
| Nantes (Loire-Inférieure) | 16 | 4-5 | G. F. | |
| Toury (Eure-et-Loir) | 37 | 7-8 | J. D., V. F., G. F. | III. |
| Bourges (Cher) | 16 | 7-8 | G. F., J. D. | IV. |
| Menton (Alpes-Maritimes) | 11 | 2-3 | J. D. | |
| *Stations françaises de haute altitude.* | | | | |
| Revard (Savoie), 1550$^m$ | 37, 29, 26, 16 | 8-9 | G. F., J. D. | V. |
| St-Chély-d'Apcher (Lozère), 1000$^m$ | 16 | 2-3 | G. F. | |
| Massegros (Lozère), 900$^m$ | 29, 16 | 8 | V. F., G. F., J. D. | VI. |
| Langogne (Lozère), 1000$^m$ | 16 | 2-3 | G. F. | |
| *Stations algériennes de haute altitude.* | | | | |
| Sétif (Constantine), 1115$^m$ | 50, 37, 16 | 7-8 | G. F., P. B., J. D., V. F. | VII. |
| Batna (Constantine), 1150$^m$ | 16 | 2 | G. F. | |
| Laghouat (Alger), 735$^m$ | 29, 16 | 4-5 | J. D., V. F. | VIII. |
| Aïn-Beida (Constantine), 1000$^m$ | 11 | 7 | P. B. | |

*Remarques.* — I. Vagues parfois très fortes. — II. Images particulièrement calmes et régulières. — III. Images irrégulières, parfois d'un calme absolu. — IV. Images calmes, régulières, bonne transparence atmosphérique. — V. Images bonnes en général malgré une certaine instabilité. — VI. Images peu stables, mais néanmoins satisfaisantes. — VII. Images en général satisfaisantes pendant les six mois frais ; moins favorables par temps chaud. — VIII. Images moins favorables pendant les mois frais que pendant les mois tempérés.

Outre les observations indiquées plus haut, d'autres, plus sommaires, ont été faites sur les Hauts Plateaux algériens, approximativement entre $1000^m$ et $1150^m$ d'altitude dans les régions suivantes : *Djelfa*, *Guelt-Es-Steel*, *Aumale*, *Médéa*, etc. Toutes ces stations m'ont paru plus ou moins défavorables comme conditions atmosphériques, et il en a été de même dans l'oasis de Bou-Saada, à $500^m$ d'altitude.

La supériorité des stations algériennes de haute altitude, par rapport à celles de France d'une altitude similaire, ne provient donc pas de la qualité meilleure des images télescopiques qu'on y rencontre, mais du fait que le ciel, plus souvent serein, permet d'y jouir d'un nombre supérieur de nuits plus ou moins claires, et permettant d'ailleurs d'y faire des observations fructueuses. Cette proportion varie suivant les stations. A Sétif, on peut compter sur environ 250 nuits, permettant de faire des observations planétaires. A Laghouat, ce nombre devrait être très augmenté encore.

ASTRONOMIE. — *Détermination de la différence de longitude Greenwich-Paris par transport du temps en avion.* Note de M. **Paul Ditisheim**, présentée par M. Bigourdan.

L'organisation d'un service régulier par avion, entre Londres et Paris, m'a engagé à tenter un nouvel essai de détermination de la différence de longitude par transport de chronomètres, afin d'établir la limite de précision que permettent d'atteindre les procédés actuels, dans lesquels l'intervalle entre les comparaisons horaires aux stations extrêmes est réduit au minimum possible.

Pour cette expérience, j'ai utilisé un groupe de 12 chronomètres de bord, de $63^{mm}$ à $66^{mm}$ de diamètre extérieur, réglés au temps moyen (Torpedo boat watches), d'un modèle robuste et maniable, munis d'échappements à ancre, semblables à ceux qui m'avaient déjà servi dans des expé-

riences analogues (¹). Tous ces chronomètres venaient d'être simultanément étudiés, pendant 43 jours, au National Physical Laboratory, à Teddington, suivant le programme d'épreuves de la classe A. Le meilleur d'entre eux a obtenu le nombre de classement 96,9, nombre non encore réalisé jusqu'ici; pour l'ensemble, le nombre moyen atteint 94,9. Les épreuves étant achevées, les chronomètres furent observés encore, pendant 10 jours, à Teddington, dans la position horizontale, à 18°,7, et dans une orientation qui a été conservée, autant que possible, dans toutes les opérations ultérieures. Transportés à Greenwich, il furent soumis, pendant une semaine, à des comparaisons quotidiennes, en s'aidant du chronographe enregistreur.

Le 18 mai dernier, les 12 chronomètres furent placés à bord d'un avion couvert, en partance de l'aérodrome Weddon Croydon. Ils étaient calés dans leurs boîtes de transport, soigneusement calfeutrés et entourés de couvertures de laine; le tout fut enfermé dans une valise, que pendant tout le voyage je m'efforçai, à l'aide d'un niveau, de maintenir horizontale, bien que les observations aux positions, faites à Teddington, eussent révélé des écarts très faibles. Tous les chronomètres étant munis du balancier Guillaume, leur erreur secondaire est négligeable; en plus, l'erreur proportionnelle moyenne était inférieure à $0^s,015$ par degré.

En raison du mauvais temps et du manque d'essence, ce premier voyage fut d'une durée anormale; pour quatre voyages ultérieurs, effectués du 21 au 27 mai, la durée moyenne du parcours aérien fut de 2 heures 45 minutes seulement; le double voyage Paris-Greenwich put même être accompli une fois dans la même journée. Le transport entre les aérodromes de Weddon Croydon et du Bourget et les observatoires de Greenwich et Paris a été fait en automobile.

Dans tous les voyages, les températures et les pressions furent relevées au départ et à l'arrivée; un altimètre placé dans la valise enregistrait la courbe des ascensions.

Les observations ont été faites, à Greenwich par M. Bowyer; à Paris par M. Lancelin, qui a bien voulu effectuer l'ensemble des calculs. Les épreuves de Teddington et les comparaisons établissant les « états » ont été exécutées par M. Constable.

Voici les résultats déduits de la moyenne générale des 61 opérations effectuées :

Différence de longitude Greenwich-Paris : $9^m 20^s,947 \pm 0^s,027$.

---

(¹) Paul Ditisheim, *Essai d'une détermination de différence de longitude par transport de l'heure* (*Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1027).

L'erreur probable est du même ordre de grandeur que celles relevées dans les déterminations faites par les signaux télégraphiques ordinaires.

Comme différence des longitudes mesurées en 1902, MM. Bigourdan et Lancelin ont publié, aux *Annales de l'Observatoire de Paris*, le chiffre $9^m 20^s,994$, tout en faisant remarquer qu'il serait légitime de supprimer trois séries d'observations extrêmement discordantes des autres, et pour lesquelles existait une erreur manifeste.

En supprimant ces trois séries, on a le chiffre $9^m 20^s,972$.

Du côté anglais, MM. Dyson et Hollis avaient obtenu $9^m 20^s,932$.

La moyenne de ces déterminations donne donc $9^m 20^s,952$, dont le résultat actuel ne diffère que de $0^s,005$.

Bien que, en raison des progrès de la télégraphie sans fil, le procédé de détermination des longitudes par transport de l'heure, autrefois très employé, ait aujourd'hui perdu beaucoup de son importance, il était encore intéressant d'établir, par une expérience directe, le degré de précision qu'elle permet d'atteindre, et qui sera précieuse dans les cas où l'on ne pourrait avoir recours à la radiotélégraphie.

PHYSIQUE. — *Sur l'application de la méthode de Righi à la discussion de l'expérience de Michelson.* Note de M. **J. Villey**.

La mort imprévue de M. Auguste Righi, qui a si brusquement privé la science physique d'un des artisans les plus actifs et les plus originaux de ses progrès récents, a coupé court à un échange de vues dans lequel je lui précisais divers arguments susceptibles d'écarter les objections qu'il m'a faites (¹) en réponse à une Note récente : la présente Communication a pour but de résumer ces arguments.

Qu'il me soit permis de rectifier d'abord une erreur d'interprétation, sans doute due à une rédaction insuffisamment explicite de ma Note (²). M. Righi, qui a défini par une analyse remarquablement claire les calculs à faire pour appliquer le principe d'Huygens à la discussion de l'expérience de Michelson, a montré combien ces calculs précis deviennent compliqués lorsqu'on introduit les déréglages angulaires qui créent un champ de franges visibles : Ces calculs ne peuvent donc pas conduire immédiate-

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 22.
(²) *Ibid.*, t. 170, 1920, p. 1175.

ment à un déplacement transversal des franges *exactement* égal à $\frac{2l\rho^2}{\lambda} \times i$ dans l'expérience réelle ($i$ étant l'intervalle entre franges), et je ne l'ai nullement avancé. Le raisonnement que j'ai présenté est au contraire le suivant : Même en supposant le déréglage réduit à une rotation $\mu$ du miroir $B_1$ (autour d'un certain axe dont il faudrait définir la position précise), les calculs complets sont compliqués, *mais ils ne sont pas nécessaires pour prévoir un déplacement appréciable des franges*. Dans le cas du réglage parfait, ils donnent très facilement la translation relative $2l\rho^2$ des deux ondes interférentes lorsque l'appareil passe de la première à la seconde orientation principale; si, pour créer des franges, on fait alors tourner le miroir $B_1$ d'un angle $\mu$ croissant à partir de zéro, la translation relative devra encore comporter ce terme $2l\rho^2$ complété par des termes en $\mu$ dont il nous suffit de savoir qu'ils varient de façon continue avec $\mu$, *et s'annulent en même temps que lui :* s'il se trouvait qu'une certaine valeur de $\mu$ (parmi celles qui donnent un champ de franges observable) donne à la somme de ces termes une valeur juste égale à $(-2l\rho^2)$, annulant ainsi la translation relative des deux ondes dans l'expérience, il suffirait de donner à $\mu$ des valeurs sensiblement plus petites, ou sensiblement plus grandes, ou de signe contraire, autour du même axe de rotation, pour retrouver une translation relative de l'ordre de $2l\rho^2$, à laquelle correspond un déplacement transversal des franges de l'ordre de $\frac{2l\rho^2}{\lambda} \times i$. Ce raisonnement élude simplement les calculs de la théorie de Righi et ne la contredit nullement.

Sur la discussion du phénomène dans le cas du réglage parfait, il y a au contraire opposition entre la conception de Righi et le raisonnement que j'ai présenté. Considérer alors les deux ondes conjuguées comme *pratiquement* parallèles entre elles n'est pas une approximation illicite. Quand l'appareil est dans l'une ou l'autre de ses orientations principales, l'écartement des deux ondes synchrones $M_1O_1N_1$ et $M_2O_2N_2$, égal à $l\rho^2$ dans leur région centrale, varie seulement de $\left(l\rho^2 - \frac{d}{2}\rho^2\right)$ à $\left(l\rho^2 + \frac{d}{2}\rho^2\right)$ dans la largeur utile $d$ du faisceau, qui est très petite par rapport à $l$ : Dans un plan situé dans la région $M_1O_1N_1$, $M_2O_2N_2$ (sur lequel la lunette d'observation est mise au point), les deux vibrations s'ajoutent avec un décalage de phase qui varie de $\left(\frac{l\rho^2}{\lambda}2\pi + \varepsilon\right)$ à $\left(\frac{l\rho^2}{\lambda}2\pi - \varepsilon\right)$ d'un bord à l'autre, et l'on a une plage lumineuse pratiquement uniforme comme dans le cas de deux ondes exactement parallèles entre elles. Il est donc légitime de dire que l'effet de

rotation relative des deux ondes est pratiquement négligeable devant l'effet de translation; et, par cela même, nous rejetons comme inadmissible l'idée émise par Righi d'une compensation de l'un des effets par l'autre.

Rien n'oblige d'ailleurs à imaginer une telle compensation : Dans le cas du réglage parfait, si l'on fait tourner l'appareil d'une orientation principale à l'autre, l'intensité du champ lumineux doit, sans cesser d'être pratiquement uniforme, revenir à une valeur finale égale à sa valeur initiale; mais cela ne prouve pas que l'effet de translation relative des deux ondes ait été compensé par un autre effet; cela provient simplement de ce que la translation, en faisant varier de façon continue le retard géométrique d'une onde sur l'autre, l'a amené à une valeur juste égale et de signe contraire à sa valeur initiale.

Si nous résumons les deux raisonnements différents que Righi a successivement invoqués pour expliquer le mécanisme de cette soi-disant compensation, nous pourrons d'ailleurs faire apparaître immédiatement les objections qu'ils soulèvent.

Dans la Note du 22 avril 1919 (t. **168**, p. 841), le phénomène est supposé examiné avec une lunette mise au point sur l'infini et séparant les deux images $Q_1$ et $Q_2$ des deux ondes synchrones $M_1N_1$ et $M_2N_2$ : l'effet angulaire, qui permute la position des images $Q_1$ et $Q_2$, compenserait l'effet de translation relative des deux ondes, qui renverse le signe de leur retard géométrique relatif. En réalité, l'angle $(\varphi_1 - \varphi_2)$ des deux ondes est si petit ($\rho^2 = 10^{-8}$) que les deux points $Q_1$ et $Q_2$ sont pratiquement confondus en un seul dans le plan focal de l'objectif; s'ils étaient séparés, aucun phénomène d'interférence ne pourrait d'ailleurs se produire dans ce plan focal. Enfin, dans le cas où l'on réalise un champ de franges rectilignes, on doit, pour l'observer, mettre au point sur son plan de localisation, situé dans la région $M_1N_1$, $M_2N_2$; c'est dans ce plan qu'il est intéressant d'étudier le phénomène d'interférence pour en tirer des indications applicables à l'expérience de Michelson : En chaque point de ce plan, l'intensité lumineuse est définie par le retard géométrique relatif des deux ondes qui s'y superposent; c'est donc bien la translation relative des deux ondes (évaluée parallèlement à leur direction générale de propagation), qui réglera la modification à observer.

La Note du 7 juin 1920 (t. **170**, p. 1552) recherche la compensation dans un phénomène d'aberration, par la translation terrestre, sur le parcours de la lumière depuis la région $M_1N_1$, $M_2N_2$ jusqu'à l'œil de l'observateur (à la sortie de l'appareil) : mais ce parcours *virtuel* n'est que l'équivalent géométrique du parcours réel, et l'on a tenu compte des effets de la translation terrestre sur les deux faisceaux dans tout leur parcours réel *jusqu'à leur sortie de l'appareil*, pour calculer les positions des ondes virtuelles $M_1N_1$ et $M_2N_2$, d'où semblent venir les rayons sortant de l'appareil; on ne peut donc pas faire intervenir une seconde fois les effets de translation pour y chercher une compensation des résnltats ainsi représentés géométriquement.

En résumé, la méthode de calcul de Righi, appliquée à l'expérience de

Michelson dans l'hypothèse d'un éther mécanique immobile propageant de façon isotrope les perturbations lumineuses, conduit bien à prévoir un effet de translation relative des deux ondes (sans compensation par un autre effet géométrique simultané), qui devrait donner des déplacements appréciables de franges.

Le résultat négatif de l'expérience de Michelson amène donc bien, soit à abandonner, avec Einstein, la notion d'éther élastique comme contradictoire avec les faits, soit à attribuer à l'éther, avec Sagnac, des propriétés autres (au point de vue de la propagation des ondes) que celles des milieux élastiques, et définies par les résultats mêmes des expériences de Michelson et de Sagnac.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le vieillissement des catalyseurs colloïdaux (platine, palladium).* Note [1] de M. **Gregorio de Rocasolano**, transmise par M. P. Sabatier.

Divers auteurs se sont occupés du vieillissement des catalyseurs colloïdaux et l'ont tous interprété en supposant que ce vieillissement commence dès la formation du système, comparable au glissement d'un corps pesant sur un plan incliné. Ainsi envisagé, ce vieillissement est analogue à celui observé dans les catalyseurs solides où la décroissance d'activité est une conséquence de leur altération progressive, et, comme tel, il se différencierait de celui des êtres vivants, où la période de décroissance est précédée d'une période de développement et d'activité croissante.

Au contraire, nos expériences sur les colloïdes minéraux (agissant sur l'eau oxygénée) nous conduisent, non pas à une diminution immédiate et progressive de l'activité, comme dans le cas des catalyseurs solides, mais aussitôt après la formation du système, à un accroissement d'activité qui passe par un maximum, pour décroître ensuite jusqu'à des limites non encore déterminées.

En appliquant la formule logarithmique

$$k = \frac{1}{t} \operatorname{Log} \frac{a}{a-x}$$

($a$ étant la dose initiale d'eau oxygénée, $x$ celle transformée au bout du temps $t$), pour définir la constante $k$ qui mesure la vitesse de décomposition,

(1) Séance du 26 juillet 1920.

nous avons toujours trouvé, pour des systèmes identiques (quant à la masse et à la concentration des colloïdes ainsi que de l'eau oxygénée) envisagés pendant des temps égaux, des variations qui ne dépendent que de l'*âge* du colloïde, c'est-à-dire du temps qui s'est écoulé entre sa préparation et le moment de sa semence.

Pour un même électrosol de platine, ayant pour 100, $0^g,007$ de platine, appliqué dans les mêmes conditions à des âges différents, les valeurs calculées pour $k$ ont été :

| Temps de la mesure. | Age du colloïde. Initial. | 8 jours. | 28 jours. |
|---|---|---|---|
| 60 minutes | 0,0004597 | 0,0007168 | |
| 360 » | 0,0002469 | 0,0004039 | 0,0002777 |
| 1440 » | 0,0002193 | 0,0002336 | 0,0001766 |
| 4520 » | 0,0001592 | 0,0001758 | 0,0001276 |

Des résultats analogues sont obtenus avec des électrosols moins concentrés contenant pour 100, $0^g,001$; $0^g,002$; $0^g,003$ de platine. Les valeurs de $k$, calculées après 1440 minutes, ont été :

| Concentration. | Catalyseur neuf. | Catalyseur âgé de 13 jours. |
|---|---|---|
| 0,001 | 0,0002363 | 0,0002886 |
| 0,002 | 0,0002741 | 0,0003465 |
| 0,003 | 0,0003809 | 0,0006000 |

On voit que l'activité catalytique croît avec l'âge; puis elle passe par un maximum pour un certain âge, et décroît ensuite pour un vieillissement plus avancé.

Les hydrosols de palladium donnent lieu à des phénomènes identiques. Nous avons effectué une série d'expériences avec le palladium colloïdal obtenu en réduisant le chlorure par l'hydrate d'hydrazine et stabilisé par $0^{cm^3},1$ pour 100, de lysalbinate sodique. On observe également un accroissement d'activité avec l'âge du colloïde. Mais, dans les systèmes stabilisés, la croissance de l'activité catalytique est plus lente. En outre, la comparaison des courbes représentatives de la décomposition montre que c'est dans les dédoublements de *vitesse moyenne* qu'apparaissent le mieux les variations d'activité dues à l'âge du catalyseur.

En résumé, il se produit, dans les colloïdes catalyseurs, une évolution qui commence par un accroissement de leur activité, atteint un maximum, puis se continue par une diminution très lente dont nous n'avons pu déterminer le terme. Cette évolution est commune aux colloïdes organiques aussi complexes que l'*invertase* et aux colloïdes inorganiques très simples que

sont les électrosols de platine ou les hydrosols de palladium, et elle correspond peut-être à un phénomène tout à fait général dont il faudra tenir compte dans l'application des colloïdes en thérapeutique.

Quant à la cause de cette variation de l'activité catalytique, elle nous paraît être la variation de concentration de l'oxygène dans le colloïde de platine ou de palladium. Ainsi que nous pensons l'avoir établi pour l'électrosol de platine, celui-ci se forme avec absorption d'oxygène libre au moment de la pulvérisation électrique du métal, donnant lieu soit à une dissolution solide d'oxygène dans le platine, soit à une combinaison instable. Le colloïde s'agite sans cesse dans l'eau où on l'a dispersé, et, en présence de l'oxygène dissous, la concentration en oxygène du système colloïdal varie, accroissant le pouvoir catalytique : puis, inversement, le colloïde perd de l'oxygène, parce qu'il tend vers la coagulation, et, dans cette période de l'évolution, l'activité catalytique diminue.

Dans la décomposition catalytique de l'eau oxygénée par les colloïdes considérés, il est hors de doute que l'on met au contact de cette substance du platine ou du palladium très divisés unis à l'oxygène en systèmes très instables. Ces systèmes perdent alors de l'oxygène qu'ils récupèrent en partie en le prenant à l'eau oxygénée qui se détruit, diminuant ainsi la concentration de l'eau oxygénée et aussi celle de l'oxygène dans le colloïde, jusqu'à une limite qui correspond à la période finale de la réaction devenue alors monomoléculaire, ainsi que nous avons eu l'honneur de l'indiquer dans une Note antérieure (1).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement de l'oxyde de cuivre et de l'oxyde de nickel par les précipités d'oxyde ferrique.* Note de M. **Er. Toporescu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente (2) je me suis occupé de l'étude méthodique de l'entraînement de la chaux et de la magnésie par l'oxyde de fer; dans cette Note je me propose d'étudier l'entraînement de l'oxyde de cuivre et l'oxyde de nickel par l'oxyde de fer, afin de pouvoir nous rendre compte par un certain nombre d'expériences de la grandeur des erreurs dans les dosages gravimétriques du fer.

Les précipitations ont toutes été faites à la température ordinaire en

(1) Gregorio de Rocasolano, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1502.
(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1251.

ajoutant, à $50^{cm^3}$ de la solution saline à étudier, $5^{cm^3}$ d'ammoniaque concentré, et laissant le précipité 3 heures au contact de la dissolution, car les expériences nous ont montré qu'il faut tenir compte des mêmes facteurs que dans le cas de l'entraînement de la magnésie par l'oxyde de fer, savoir : la température de précipitation et la durée du contact de la dissolution avec le précipité.

Il est nécessaire de mentionner que, en faisant varier la quantité d'ammoniaque avec laquelle on fait la précipitation, l'entraînement de l'oxyde de cuivre et de l'oxyde de nickel varie d'une quantité appréciable; ainsi avec une solution renfermant 0,2948 pour 100 de $FeCl^3$ et 0,3692 pour 100 de $SO^4Cu$ et avec une solution contenant 0,2948 pour 100 de $FeCl^3$ et 0,611 pour 100 de $NiCl^2$, nous avons obtenu les résultats suivants :

| La précipitation faite avec : | $Fe^2O^3$. | CuO. | CuO pour 100. | NiO. | NiO pour 100. |
|---|---|---|---|---|---|
| $5^{cm^3}$ d'ammoniaque concentré... | 0,0726 | 0,0128 | 17,7 | 0,0241 | 33,2 |
| 10 » ... | » | 0,0090 | 12,4 | 0,0137 | 18,8 |
| 20 » ... | » | 0,0073 | 10 | » | » |
| 50 » ... | » | 0,0044 | 6,6 | » | » |

*Entraînement de l'oxyde de cuivre.* — Les résultats sont obtenus en faisant la précipitation dans les conditions ci-dessus mentionnées.

| Composition | | | | Composition | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solution | Précipité. | | | Solution | Précipité. | | |
| $SO^4Cu$ °/₀. | CuO. | $Fe^2O^3$. | CuO °/₀. | $SO^4Cu$ °/₀. | CuO. | $Fe^2O^3$. | CuO °/₀. |
| 0,3692 | g 0,0105 | g 0,0360 | 29,2 | 0,1846 | g 0,0083 | g 0,0726 | 11,4 |
| » | 0,0128 | 0,0726 | 17,7 | 0,3692 | 0,0128 | » | 17,6 |
| » | 0,0174 | 0,1325 | 13,1 | 0,5228 | 0,0150 | » | 20,6 |
| » | 0,0206 | 0,2074 | 9,9 | 0,6182 | 0,0191 | » | 26,3 |
| » | 0,0229 | 0,2730 | 8,4 | 1,176 | 0,0270 | » | 37,1 |

On peut voir d'après ce Tableau que l'entraînement de l'oxyde de cuivre par l'oxyde de fer va toujours en augmentant avec la concentration du second sel, quand la concentration de l'un des deux (sulfate de cuivre ou oxyde de fer) reste constant. En même temps, en regardant les proportions relatives de l'oxyde de cuivre entraîné, on peut concevoir comment on ne peut pas se débarrasser complètement de l'oxyde de cuivre même, après qu'on a fait la deuxième analyse du fer par précipitation avec de l'ammoniaque.

Tous les moyens essayés pour faire la séparation entre l'oxyde de fer et l'oxyde de cuivre par lavage du précipité, par décantation, avec une solution d'azotate d'ammonium, ou avec de l'ammoniaque concentré, ont été insuffisants.

*Entraînement de l'oxyde de nickel.* — Les précipitations ont été faites dans les mêmes conditions que les précédentes, mais au lieu d'avoir différentes solutions de concentrations diverses, j'ai travaillé avec une seule solution de chlorure de nickel 6,11 pour 100 et une de chlorure de fer 2,948 pour 100 en variant les proportions de manière à avoir toujours $50^{cm^3}$ de solution. La précipitation a été faite avec $5^{cm^3}$ d'ammoniaque concentré.

| Composition. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Solution. | | Précipité. | | |
| $Cl^2Ni$. | $Cl^3Fe$. | NiO. | $Fe^2O^3$. | NiO %. |
| $5^{cm^3}$ | $5^{cm^3}$ | $0^g,0241$ | $0^g,0726$ | 33,2 |
| » | 10 | 0,0282 | 0,1422 | 19,8 |
| » | 15 | 0,0358 | 0,2148 | 16,6 |
| » | 20 | 0,0433 | 0,2882 | 15 |
| » | 25 | 0,0499 | 0,3614 | 13,8 |

| Composition. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Solution. | | Précipité. | | |
| $Cl^2Ni$. | $Cl^3Fe$. | NiO. | $Fe^2O^3$. | NiO %. |
| $2^{cm^3}$ | $5^{cm^3}$ | $0^g,0122$ | $0^g,0726$ | 16,8 |
| 4 | » | 0,0195 | » | 26,9 |
| 6 | » | 0,0252 | » | 34,7 |
| 8 | » | 0,0443 | » | 61 |
| 10 | » | 0,0588 | » | 80,9 |
| 15 | » | 0,1024 | » | 141 |
| 20 | » | 0,1561 | » | 215 |

On voit que, pour une concentration fixe en oxyde de fer, les entraînements de l'oxyde de nickel vont en augmentant et ne tendent pas vers une limite fixe, connue dans le cas des entraînements de la chaux et de la magnésie.

Une seconde précipitation à l'ammoniaque ne suffit pas pour enlever complètement l'oxyde de nickel. La séparation par lavage du précipité, comme dans le cas de l'entraînement de l'oxyde de cuivre, n'a donné aucun résultat.

## GÉOLOGIE. — *Sur la Bresse chalonnaise et ses terrasses quaternaires.* Note de [1] MM. **Ch. Depéret** et **P. Mazeran.**

Les études de révision de la carte géologique au 320000e nous ont amenés à modifier profondément les idées acquises sur la structure de la

[1] Séance du 19 juillet 1920.

vallée de la Saône dans la région qui s'étend de Chalon à Chagny, ainsi que dans la vallée affluente de la Dheune.

On avait admis, dans cette région, l'existence de deux terrasses d'âge pliocène supérieur : 1° La *terrasse des sables de Chagny*, élevée d'une quarantaine de mètres au-dessus de la Saône et caractérisée (à Chagny et dans les tranchées du chemin de fer, au nord de Beaune) par la coexistence du *Mastodon arvernensis* avec les premiers Éléphants et par un ensemble de Mammifères caractéristiques de l'étage Villafranchien.

2° La *terrasse des sables et argiles de Chalon-Saint-Cosme*, située en contre-bas de la terrasse de Chagny, soit à une vingtaine de mètres au-dessus de la Saône, et rapportée à l'extrême fin du Pliocène (étage Saint-Prestien) en raison d'une faune de Mammifères (*Equus Stenonis, Trogontherium Cuvieri, Cervus megaceros*) analogue à celle de Saint-Prest.

D'après ces données, la Haute-Bresse serait presque entièrement pliocène et le Quaternaire n'y jouerait qu'un rôle insignifiant, limité aux très basses terrasses et aux alluvions récentes des cours d'eau.

Nos recherches nous ont amenés à la conclusion que les formations pliocènes sont, au contraire, très réduites dans cette région et que les terrasses quaternaires y jouent le rôle prépondérant, avec des niveaux d'altitude relative correspondant à ceux de la vallée du Rhône.

1. *Environs de Chalon-sur-Saône.* — Au nord et à l'ouest de Chalon, s'étend une large plaine d'alluvions où la Grosne, la Thalie et la Dheune ont, à plusieurs reprises, creusé puis remblayé leur lit. On distingue (en dehors d'une petite terrasse très constante de $5^m$) une terrasse dont le rebord, très net à Chalon, est à la cote $185^m$, soit $17^m$ au-dessus de la Saône.

Dans les exploitations d'argile à tuiles de Chalon-Saint-Cosme, cette terrasse, très aplanie, est formée presque entièrement de limon, mais on y distingue, à la base, un lit irrégulier de petits galets et de concrétions calcaires qui ravine les *sables fins et argiles* contenant la faune rappelée plus haut. Cette faune, qui avait été attribuée à la fin du Pliocène, nous paraît maintenant devoir plutôt être rattachée à l'extrême base du Quaternaire et assimilée au *Forest-bed* anglais. Mais dans tous les cas, il y a indépendance complète entre les sables et argiles exploités et la terrasse limoneuse qui se rapporte, à n'en pas douter, à la terrasse de $15^m$-$20^m$ de la vallée du Rhône.

Les sables et argiles de Saint-Cosme qui ont été largement mis à découvert en 1915-1916 par les travaux d'agrandissement de la gare de triage de Chalon, se retrouvent plus au Nord, à La Loyère, où les exploitations

d'argile permettent de constater leur ravinement par les éléments plus grossiers et plus frais de la terrasse de 20ᵐ.

Nous conclurons donc que les sables et argiles de Saint-Cosme ne représentent pas une terrasse, mais seulement un fond de terrasse, qui a été fortement décapée et ravinée par la terrasse quaternaire de $15^m$-$20^m$.

Plus au Nord, on arrive, après La Loyère, à une autre terrasse dont le rebord est à l'altitude de $198^m$-$202^m$, c'est-à-dire à $28^m$-$32^m$ au-dessus de la Saône. Cette terrasse, très nette dans la topographie, atteint une largeur de $7^{km}$, mais elle est couverte de prairies et de forêts qui rendent difficile l'observation de ses éléments.

2. *Région de Chagny*. — Enfin, en continuant vers Chagny, on voit, dominant les terrasses précédentes, des lambeaux étendus d'une terrasse plus ancienne, très découpée par l'érosion, dont le replat se montre à l'altitude moyenne de $230^m$, soit à $60^m$ au-dessus de la Saône. Épaisse seulement de $2^m,50$ en moyenne, cette terrasse présente des éléments assez grossiers, les uns cristallins et bien roulés, les autres plus anguleux, provenant des massifs calcaires voisins. En la suivant jusqu'à Chagny, on la voit surmonter la formation pliocène supérieure des *sables de Chagny*. Notamment, aux carrières des Tuileries bourguignonnes de Bellecroix, nous avons observé, formant le dessus du plateau, une zone de graviers de $2^m,50$, jaunâtres, avec galets plus ou moins roulés de calcaires, de silex, de granites et de porphyres, ravinant en poches la surface du Pliocène. Ce dernier est constitué de haut en bas, par : sable jaune fin, $1^m$ ; argile à tuiles, $3^m$ ; sables fins d'épaisseur inconnue. Les ossements fossiles se trouvent dans le sable, un peu au-dessous de la couche d'argile exploitée.

Ici, de même qu'à Chalon-Saint-Cosme, le sommet du Pliocène a été enlevé par la terrasse quaternaire de $60^m$. Il ne saurait donc plus être question d'une « terrasse » pliocène des sables de Chagny.

3. *Vallée de la Dheune*. — On retrouve des faits analogues en remontant cette petite vallée latérale. Entre Santenay et Cheilly, existe, sur la rive gauche, un plateau d'alluvions à éléments calcaires passablement roulés, dont le replat, dépourvu de limon, est à l'altitude de $243^m$, ce qui permet de le raccorder par pente régulière à la terrasse de $60^m$ de Chagny ($232^m$).

Le plateau de Cheilly ($245^m$) est formé par les mêmes galets calcaires, mais encore plus grossiers. Comme ces cailloutis à gros éléments ne se retrouvent pas dans les terrasses situées plus en amont dans la vallée de la Dheune, on doit admettre qu'ils proviennent d'un affluent latéral, qui ne

peut être que le ruisseau de Nolay. Il est bien invraisemblable que les dents d'Éléphants pliocènes trouvées à Cheilly soient « en place » dans cette terrasse torrentielle. Elles doivent provenir de sables pliocènes, analogues à ceux de Chagny, situés à la base de la terrasse et dont on voit un affleurement à l'amont de la tranchée de la gare de Cheilly, vers la cote 225$^m$.

En amont de Cheilly, la terrasse de 60$^m$ devient presque entièrement limoneuse, faisant contraste avec le caractère torrentiel de la région de Cheilly-Santenay. Le replat très net de ce plateau de limon s'élève régulièrement vers l'amont : 245$^m$ à Saint-Gilles, 260$^m$ près Nion, 266$^m$ à Saint-Jean-de-Trézy.

A partir de cette dernière région, on observe des lambeaux d'alluvions encore plus élevées, notamment à l'ouest de Percelles près Saint-Berain (308$^m$) et enfin à Montchanin (325$^m$). M. Chaput a attribué ces niveaux élevés au passage, dans la vallée suivie par le canal du Centre, d'une Loire pliocène qui devait se raccorder au débouché de Chagny, à une terrasse de 130$^m$. Ce chiffre correspond vraisemblablement au niveau primitif de la formation des sables de Chagny dans le bassin de la Saône.

*En résumé*, nous avons retrouvé sur la rive droite de la Saône, comme dans la vallée de la Dheune, trois terrasses de 15$^m$-20$^m$, de 30$^m$ et de 60$^m$, qui sont les niveaux classiques des terrasses quaternaires et une terrasse pliocène de 130$^m$, qui représente le niveau probable du remblaiement général de la vallée de la Saône à l'époque du Pliocène supérieur.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte d'un squelette d'*Elephas planifrons *Falconer dans les sables de Chagny, à Bellecroix près Chagny (Saône-et-Loire).* Note [1] de MM. **Lucien Mayet, Pierre Nugue** et **J. Dareste de la Chavanne.**

La Société des Tuileries bourguignonnes exploite à Bellecroix, un peu à l'est de Chagny, des argiles et des sables pliocènes de la base du Villafranchien : la formation type des *sables de Chagny*. Une Note de MM. Depéret et Mazeran (voir ci-dessus) vient de préciser leur position stratigraphique. Une faune abondante les date parfaitement : les sables de Chagny se parallélisent avec les sables à Mastodontes de la région du Puy, avec les alluvions de Perrier et probablement avec le Crag de Norwich. Ils sont de l'extrême

(1) Séance du 19 juillet 1920.

début du Pliocène supérieur. Les dépôts marécageux du cirque de Senèze sont plus récents; les gisements classiques du Val d'Arno supérieur, du bassin de Florence, des niveaux fluvio-lacustres de l'Astesan, sont du même âge. Cet ensemble diffère de celui des gisements plus récents qui appartiennent au Saint-Prestien : sables à *E. meridionalis* de Saint-Prest, tufs volcaniques de Saint-Martial (Hérault), limons de Durfort, etc. Dans ces graviers de Chagny-Bellecroix, fin mai dernier, a été découvert un squelette incomplet d'éléphant : base du crâne (celui-ci très fragmenté, dépourvu de sa moitié antéro-supérieure) avec deux molaires, $M^3$ ; mandibule avec deux molaires en place, $M_3$, et une apophyse mentonnière bien développée, deux défenses, atlas, omoplate, fémurs, côtes, etc. Ces ossements ne justifieraient qu'imparfaitement la présente Note s'ils ne se rapportaient à une espèce non encore identifiée parmi les éléphants pliocènes de l'Europe occidentale : *Elephas planifrons* Falconner. Les deux *arrière-molaires supérieures* sont d'un animal dans son âge mûr. De type très brachyodonte, elles frappent par leur grande largeur, le petit nombre de leurs collines transversales, l'épaisseur des lamelles d'émail dont l'usure donne des cordons peu plissés, à festonnement irrégulier, sans expension centrale constante, enfin par la longueur des espaces cémentaires. Il est intéressant de comparer au point de vue du rapport de la largeur maxima à la longueur maxima de $M^3$ d'en haut, $\frac{L}{L}$, de la fréquence laminaire (nombre de collines sur $10^{cm}$ de longueur de la couronne dentaire) et de la formule dentaire (nombre de collines par $M^3_3$, non compris les talons $x$), l'éléphant de Chagny avec d'autres éléphants pliocènes et quaternaires :

| Espèces. | Rapport $\frac{L}{L}$. | Fréquence laminaire. | Formule dentaire. |
|---|---|---|---|
| *E. planifrons*, Chagny | 2,28 | 4 | $\frac{x - 10 - x}{x - 10 - x}$ |
| *E. planifrons*, Siwalik-Hills | 2 à 2,5 | 4 | $\frac{x - 10 - x}{x - 10\text{-}11 - x}$ |
| *E. meridionalis*, formes-types du Val d'Arno supérieur | 2,5 à 3 | 5-6 | $\frac{x - 10\text{-}13 - x}{x - 11\text{-}13 - x}$ |
| *E. antiquus*, bassin de Paris | 3,2 à 4,5 | 6-7 | $\frac{x - 15\text{-}18 - x}{x - 16\text{-}19 - x}$ |
| *E. trogontherii*, Süssenborn | 3,5 à 4 | 6-8 | $\frac{x - 16\text{-}21 - x}{x - 16\text{-}21 - x}$ |
| *E. primigenius*, type franco-italien | 2,8 à 3,5 | 7-10 | $\frac{x - 18\text{-}26 - x}{x - 18\text{-}26 - x}$ |

Les *arrière-molaires inférieures*, en place dans la mandibule, sont très

basses et ne dépassent le rebord alvéolaire que de $4^{cm},5$. Plus encore que les $M^3$ supérieures, elles mettent en évidence la faible hauteur de la dent, sa largeur relative (ici $108^{mm}$ pour une longueur de $285^{mm}$), la formule réduite des collines et l'épaisseur du cément intercalaire, la fréquence laminaire minima, l'épaisseur et le festonnement irrégulier de l'émail. A la partie antérieure de la dent, celui-ci, au lieu de constituer des marques fermées, se contourne en S pour passer d'une colline à la suivante. Il en est ainsi également sur les $M_3$ de *E. planifrons* des Siwaliks. Le menton se prolonge par une apophyse longue de $160^{mm}$, caractère important, existant plus développé encore sur une mandibule d'éléphant de Senèze. Les *défenses*, énormes, sensiblement cylindriques dans toute leur longueur, sans courbure bien prononcée, tendent à se relever un peu en s'inclinant en dehors. Mesurées sur le terrain, elles ont donné :

| | Défenses | |
|---|---|---|
| | droite. | gauche. |
| | m | m |
| Longueur : arc médian | 2,02 | 2,10 |
| » corde | 1,90 | 1,92 |
| Circonférence moyenne | 0,58 | 0,57 |

Nous pouvons rapprocher notre éléphant de Bellecroix de *Elephas planifrons* du Pliocène moyen et supérieur de l'Inde (Pinjor horizon, Siwalik-Hills) : même formule $\frac{x-10-x}{x-10-x}$ même couronne très basse, même caractère de l'émail, même aspect *mastodontoïde* de la mandibule, du menton, des défenses, il y a identité des caractères spécifiques. Avec *E. meridionalis* type, du Val d'Arno supérieur, et davantage pour *E. meridionalis* plus évolué du Saint-Prestien, les différences sont notables. On a $\frac{x-10\text{-}13-x}{x-11\text{-}12-x}$ pour $M^3_3$ du Val d'Arno (Veithofer) et $\frac{x-13\text{-}14-x}{x-11\text{-}14-x}$ pour $M^3_3$ d'Angleterre (Leith-Adams, Pontier) et un rapport $\frac{L}{L}$ variant pour le $M^3_3$ entre 2,5 et 3, chiffres dépassés par certaines dents d'*E. meridionalis* de la fin du Pliocène, plus allongées, à couronne rétrécie; à collines moins basses et plus nombreuses d'une ou deux unités; l'émail est plus plissé et présente une expansion médiane plus accusée que celui des molaires de *E. planifrons* de Chagny. Celui-ci n'est pas seul de son espèce à la base du Pliocène supérieur d'Europe. Une mandibule avec $M_2$ en place, trouvée à Senèze (collection De Brun), est en tous points comparable avec celle de Chagny. Le fragment de $M^3$ (probablement) des

sables à Mastodontes du Puy, par MM. Laurent et Broquin (1) ne saurait être attribué à *E. meridionalis*. De même, une série de pièces du *sansino* du Val d'Arno supérieur et du Villafranchien d'Angleterre.

Une révision des Éléphants pliocènes d'Europe devient nécessaire, à la suite de laquelle une partie des molaires regardées comme appartenant à des formes archaïques d'*E. meridionalis* seront vraisemblablement considérées comme provenant de *E. planifrons*. La nécessité de cette révision a été entrevue par d'éminents paléontologistes. La mise au jour dans les sables de Chagny d'un *E. planifrons* l'impose. Déjà Mme Pavlow (2) a signalé son existence dans le Pliocène récent de la Bessarabie et le Dr Schlesinger (3) dans celui de la Basse-Autriche, à Dobermannsdorf.

Dès maintenant, on est amené à regarder la migration des Éléphants venus d'Asie en Europe à l'extrême début du Pliocène supérieur, comme comprenant les représentants de deux rameaux phylétiques parallèles, ayant d'évidentes affinités et peut-être même fusionnés à leur base : Un rameau arrivé à son terme et qui ne dépassera guère le Villafranchien, celui de *Elephas planifrons;* Un rameau plus jeune, ayant encore une certaine carrière évolutve à parcourir, celui de *Elephas meridionalis*.

GÉOLOGIE. — *Les tremblements de terre tectoniques et les variations de la latitude*. Note (4) de M. **G. Zeil**, présentée par M. H. Douvillé.

Nous avons écrit (5) que les tremblements de terre étaient centrifuges ou centripètes, et nous avons montré que dans n'importe quel cas il s'agissait toujours d'un déplacement ascensionnel d'un voussoir lithosphérique.

Ceci admis, nous allons voir qu'un tel déplacement déterminant une nouvelle répartition de la masse lithosphérique, entraîne logiquement une inclinaison nouvelle de l'axe de rotation terrestre.

---

(1) Laurent et Broquin, *Quelques observations nouvelles sur les terrains sédimentaires du Velay* (*Bulletin de la Société géologique de France*, t. 7, 1907, p. 386).

(2) Marie Pavlow, *Les Eléphants fossiles de la Russie* (*Nouveaux Mémoires de la Société impériale des Naturalistes de Moscou*, t. 17, p. 2).

(3) Günther Schlesinger, *Studien über die Stammesgeschichte des Proboscidier* (*Jahrbuch der k. k. Geolog. Reichanstalt*, Vienne, 1912, p. 87).

(4) Séance du 26 juillet 1920.

(5) G. Zeil, *Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre et les tremblements de terre tectoniques*.

Dans un cercle parallèle de l'ellipsoïde de révolution terrestre, les diverses molécules lithosphériques s'équilibrent deux à deux à l'extrémité du diamètre parallèle qui les joint; mais si l'une de ces deux molécules se déplace sur ce diamètre, elle provoquera un mouvement de bascule de ce diamètre qui fera s'incliner son extrémité modifiée au-dessus de son niveau normal de rotation si elle se rapproche du centre du cercle parallèle, et au-dessous si elle s'en éloigne. C'est dire que les tremblements de terre centrifuges devront déterminer une inclinaison de l'axe polaire vers le voussoir réajusté et qu'au contraire les tremblements de terre centripètes devront déterminer une inclinaison du même axe en sens inverse de ce voussoir. C'est dire également que par rapport à l'axe moyen servant à mesurer la latitude, le tremblement de terre centrifuge provoquera une augmentation de la latitude de l'aire ébranlée, et qu'au contraire le tremblement de terre centripète provoquera une diminution de la latitude de l'aire réajustée.

En citant très succinctement les conclusions des principaux auteurs qui se sont occupés de la question traitée ici, nous allons constater que les faits observés viennent bien corroborer notre manière de voir.

Dans sa Note à l'Académie des Sciences ([1]), Brillouin montre que les variations périodiques de la latitude sont affectées « *de mouvements produits par des causes internes, agissant quelquefois d'une manière brusque, à des époques très variées* ». Il attribue ces mouvements brusques, qu'il appelle avec juste raison des *lancés*, à une origine sismique, et cite comme exemple typique le lancé qui s'est produit lors du grand tremblement de terre japonais du 28 octobre 1891. Brillouin signale également que les lancés qu'il a étudiés étaient suivis de petites irrégularités à variations rapides qui suggèrent l'idée d'un mouvement d'amortissement variable avec la modification sismique.

Dans la *Science sismologique* ([2]) Montessus de Ballore qualifie de *coïncidence unique* la constatation de Brillouin. On sait que le tremblement de terre du 28 octobre 1891 a été le plus important que l'histoire ait enregistré; il n'y a donc rien d'extraordinaire à ce que le lancé qu'il a produit ait été plus aisément observé que ceux issus de tremblements de terre bien moins importants. Le doute prudent de Montessus de Ballore est d'ailleurs tombé,

---

([1]) Marcel Brillouin, *Mouvement du pôle à la surface de la terre* (*Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 437).

([2]) F. Montessus de Ballore, *La Science sismologique*, p. 260.

du fait même que l'éminent sismologue accepte maintenant [1] que les tremblements de terre et les mouvements épirogéniques ne font qu'un seul et même phénomène.

Comme nous l'avons exposé dans notre récent Mémoire, « le voussoir qui se réajuste dépasse son niveau d'équilibre et ne s'y établit finalement qu'à la suite d'une série d'oscillations verticales amorties ». Il est donc normal comme l'indique Brillouin que cet amortissement, d'ordre interne, intervienne dans les ondulations de la spirale décrite par le pôle, et qu'il varie conséquemment avec l'intensité du sisme qui l'a provoqué.

Omôri [2] a étudié le problème pour les tremblements de terre observés au Japon du 12 août 1895 au 17 décembre 1903, et il est arrivé à la conclusion suivante :

« Les tremblements de terre destructeurs ont tous eu lieu aux époques ou près des époques de *maximum* ou de *minimum* de variation de latitude. » Bien avant Omôri, Milne et Cancani avaient exprimé le même résultat pour l'ensemble du globe.

Le fait, que les tremblements de terre observés au Japon ont eu lieu aux époques des plus fortes et des plus faibles variations de la latitude, implique d'une façon péremptoire que les sismes qui ont provoqué des effets contraires, étaient eux-mêmes différemment actionnés. Ils devaient être tantôt centripètes et tantôt centrifuges ; cette hypothèse se trouve confirmée en ce sens que nous avons montré qu'au Japon, les tremblements de terre à vagues sismiques sont d'origine sous-marine et d'ordre centripète, alors que ceux dépourvus de vagues sismiques intéressent surtout le continent et sont d'ordre centrifuge.

En terminant, il nous faut mettre en garde les observateurs de l'avenir qui pourraient être conduits à signaler l'existence de tremblements de terre importants et non accompagnés de variation de latitude sensible. C'est qu'alors ils se trouveraient en présence de tremblements de terre antagonistes, dont les voussoirs voisins et de même charge seraient affectés d'ascensions inverses. De tels réajustements seront toujours localisés, soit le long des côtes marines abruptes, soit dans les dépressions continentales dépourvues de communication avec la mer.

---

[1] F. Montessus de Ballore, *Sur l'origine épirogénique probable des tremblements de terre du détroit de Cook, Nouvelle-Zélande* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1833).

[2] Omôri, *Note on the relation between earthquakes and changes in latitude.*

GÉOLOGIE. — *Tectonique du synclinal secondaire d'Amélie-les-Bains.* Note [1] de M. **Octave Mengel**, transmise par M. Émile Haug.

Le synclinal d'Amélie-les-Bains est constitué par les dépôts inférieurs et supérieurs du Secondaire : le Trias et le Crétacé supérieur.

Le Crétacé repose en discordance sur le Trias, qui est lui-même discordant sur un Primaire comprenant les calcaires marmoréens, dolomitiques et ferrifères du Dévonien inférieur, les schistes métamorphiques du Silurien, des micaschistes et des gneiss. Ce Primaire est injecté, principalement sur le versant sud, de granite passant à un microgranite qui pointe par places jusqu'en des psamnubes lustrés, violacés, avec bande de poudingues à quartz blancs, représentant probablement le Permien parce que concordants avec les schistes marneux rouges micacés de la base du Trias. Au sud-est de Reynes et au sud du Mas Santol ce microgranite apparaît en mince lame ayant l'aspect d'un filon-couche, dans le Crétacé de bordure immédiate du Primaire, à peu près complètement remplacé par le microgranite. Il s'agit là d'un simple accident tectonique qui amène également le Keuper gypseux à quartz bipyramidés entre les marnes noires et grès bruns du Campanien et les marnes rouge jaunâtre du Danien.

Le Trias est dépourvu de fossiles; j'ai pu y établir, de bas en haut, la série suivante : — 1. Schistes lie de vin, micacés, grès et marnes rouges, grès blancs, marnes jaunes, vertes et noires. — 2. Dolomies compactes. — 3. Plaquettes dolomitiques, gris cendre, marnes blanc jaunâtre avec lits argileux bariolés. — 4. Calcaire bréchoïde, calcaire compact veiné de calcite, calcaire à Siphonées (très typique), calcaire noir en plaquettes, passant à des plaquettes blanc jaunâtre rubéfiées par places et de plus en plus marneuses. — 5. Cargneules, marnes blanc jaunâtre bariolées et à quartz bipyramidés, gypse rosé à nombreux quartz bipyramidés à la base, blanc et pauvre en quartz au sommet.

Le Crétacé, autant qu'on en puisse juger par des fossiles très rarement en bon état, va des grès du Turonien au Danien (Garumnien auct). Pas trace de Tertiaire, qui recouvre cependant un Crétacé sensiblement le même à Coustanges, sur le versant sud de la chaîne.

Au point de vue tectonique, le synclinal d'Amélie se décompose en deux parties. La première va de Céret, par Canadeils, à la vallée du Tech (rive droite) entre Las Amas et le Mas Griffe; elle comprend en particulier tout le Crétacé dont il vient d'être question, depuis le col de Bousseill jusqu'à

[1] Séance du 19 juillet 1920.

la route d'Amélie. La seconde partie, située sur la rive gauche du Tech, se bifurque dans deux directions : l'une WNW, de Palalda à Montbolo, l'autre NNW, de Palalda au Mas Sabé, vers Taulis. La première partie, très comprimée et fortement étirée, par le fait du chevauchement vers le sud du faisceau anticlinal primaire, Oms-Albères, sur le massif cristallophyllien du Roc de France, entre lesquels elle est comprise, est morcelée, par des failles transverses nombreuses, en compartiments ayant joué en plan et en hauteur l'un par rapport à l'autre et ayant acquis, en conséquence, chacun un caractère propre. La principale de ces failles est celle de Canadeils, sous la lèvre orientale de laquelle a disparu, recouverte par des micaschistes et du granite empâtant des calcaires dévoniens, une partie de l'aile sud du synclinal comprenant le Trias et le Crétacé jusqu'au calcaire à Hippurites inclusivement, pendant que le reste de la série crétacée, retroussée vers le nord, glissait sur le Keuper de l'aile nord. Une source thermale (28°,7), fortement séléniteuse, mais non sulfurée, qui sourd de schistes quartzeux gneissifiés dans le ravin de Canadeils, dénote la présence sous-jacente du Trias (¹). De Céret à Las Amas, le bord nord est chevauché par les calcaires dévoniens, d'où émergent successivement, en biseau, les formations triasiques précédemment indiquées sous les numéros 4 (Capucins, près Céret), 5, 4, 3, 2, 1. La deuxième partie est des plus intéressantes. Au droit de la dépression tectonique, épousée par la vallée du Tech d'Arles à Las Amas, et résultant de la naissance de l'axe anticlinal du Canigou, entre le faisceau Oms-Albères et l'anticlinal du Roc de France, en recul vers le SW, les schistes et calcaires gothlando-dévoniens poussés du NE arrivèrent, après laminage des formations 1, 2, 3, 4 de l'aile nord, au contact de la formation gypseuse 5, sur laquelle ils glissèrent librement vers l'ouest, dans la direction de la dépression, pour atteindre la formation 4 de l'aile opposée, sur laquelle ils s'arrêtèrent en l'écrasant et se triturant avec elle, formant ainsi la *mylonite* triasique et gothlando-dévonienne, longtemps énigmatique que l'on rencontre entre le Mas d'en Sori et Montbolo. Ce *charriage* vers l'ouest entraîna avec lui le substratum secondaire qui chevaucha, à son tour, le substratum primaire, en sorte qu'au SW de Montbolo, le Grès Bigarré disparaît

(¹) Cette faille paraît avoir rejoué récemment, lors du tremblement de terre pyrénéen du 28-29 novembre 1919, car deux fissures, visibles encore actuellement, avec glissement du sol d'un pré et d'une vigne, ont été constatées le 29 au matin, par les habitants des mas de cette région, qui furent réveillés vers minuit, par une secousse accompagnée d'un bruit souterrain.

par étirement et ce sont les dolomies du Muschelkalk qui reposent sur le microgranite et les schistes siluriens. Revenant à l'aile nord du synclinal, de Palalda à Taulis, on voit alors le faisceau Oms-Albères buter contre les terrains primaires du promontoire naissant du Canigou, obligeant les calcaires dévoniens à se redresser avec pendage de 70° vers le NNE. La branche NNW du synclinal est alors écrasée entre ces calcaires et les schistes siluriens, ne conservant que les schistes, grès et poudingues du Permo-Trias, qui finissent par disparaître en amont du Mas Sabé.

La tectonique de la branche Palada-Montbolo se complique d'un plissement longitudinal EW vraisemblablement postérieur au charriage, en sorte que les synclinaux partiels provoqués par ce plissement sont remplis par les calcaires marmoréens et les schistes lustrés du Primaire sur cuvette gypseuse. C'est ce qu'a nettement établi un travers-banc stérile, parce que trop bas, effectué en vue de la recherche du minerai dans le calcaire très ferrifère de la nappe. D'ailleurs, dans la région d'Oms (1), j'ai également observé le croisement, ici à près de 90°, de deux directions de plis, l'une de direction générale SSE-NNW, l'autre plus récente, de direction ENE-WSW. C'est à cette direction, en effet, qu'appartient une brèche de pente relevée de 60° à contre-pente et surplombant actuellement la vallée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sucre cristallisable et acides libres chez les végétaux.* Note de M. **H. Colin**, présentée par M. Em. Bourquelot.

Dans un grand nombre de fruits sucrés, le saccharose subsiste en présence d'acide libre à concentration plus que suffisante pour déterminer l'inversion. Bien des auteurs ont signalé le fait avec étonnement. Pour expliquer la passivité de l'acide citrique à l'égard du sucre, dans l'orange, M. André (2) suggérait récemment l'idée que l'acide et le sucre pourraient bien être « contenus dans des sacs spéciaux ».

La difficulté n'est pas particulière aux fruits; *tous les sucs de plantes ont un pouvoir hydrolysant inférieur à celui que laisserait supposer leur concentration en acide libre.*

(1) Cette région est, comme celle d'Amélie, injectée de microgranite intrusif montant jusqu'au milieu environ du Dévonien inférieur; mais ici cette roche présente par places des traces d'épanchement.

(2) G. André, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 126 et 292.

Il suffit, pour le vérifier, de faire agir parallèlement, sur une solution de saccharose, le suc d'expression et l'acide, l'acidité étant exactement la même dans les deux cas. On constate ainsi que les jus d'orange, de citron, d'oseille, etc., sont moins actifs que les solutions d'acide citrique, d'acide oxalique de même normalité. Si, par exemple, on introduit dans une solution de saccharose du suc d'orange ou de l'acide citrique de telle façon que la teneur en sucre soit uniformément de 5 pour 100 et le titre acidimétrique $\frac{N}{120}$, au bout de 10 heures, à la température de 80°, l'hydrolyse est terminée dans les liqueurs à acide pur, alors que le suc d'orange n'a encore transformé que le tiers environ du saccharose.

Il est impossible d'interpréter ces faits sans tenir compte de la présence constante, chez les végétaux, des sels alcalins des acides organiques; une partie de l'acide citrique que renferment l'orange, le citron, s'y trouve en combinaison avec la potasse; or *les acides organiques faibles sont gênés, dans leur action hydrolysante, par leurs sels alcalins*, et cela d'autant plus que l'acide est plus faible; c'est ainsi qu'à dose équinormale, les citrates alcalins paralysent à peu près complètement l'action de l'acide citrique.

On se méprend donc en mettant en parallèle les sucs végétaux et les doses d'acide libre qu'ils renferment; la comparaison ne se justifie que si l'acide est accompagné de son sel, sel et acide étant dans la proportion où l'un et l'autre se rencontrent dans le suc. Le Tableau suivant indique la marche de l'hydrolyse, suivant qu'elle est déterminée par le jus d'orange, par l'acide citrique libre ou par l'acide en présence de citrate.

Solution de saccharose : 5 pour 100; acide citrique libre : $\frac{N}{120}$; citrate : $\frac{N}{500}$; température d'hydrolyse : 80°; température des lectures polarimétriques : 15°; longueur du tube polarimétrique : $2^{dm}$.

| | Déviations. | | |
|---|---|---|---|
| Temps en heures. | Jus d'orange. | Acide citrique. | Acide et citrate. |
| 0h | 6°.45′ | 6°.44′ | 6°.40′ |
| 1 | 6.24 | 4.46 | 6. 6 |
| 3 | 5.30 | 1.24 | 5. 6 |
| 6 | 4.10 | −0.56 | 3.34 |
| 10 | 2.45 | −1.48 | 2.12 |

On voit aussitôt que le jus d'orange, beaucoup moins actif que l'acide citrique libre, possède à peu près le même pouvoir hydrolysant que le mélange d'acide citrique et de citrate.

L'activité d'un suc végétal sur le saccharose, ou tout autre polyose, dépend ainsi, non pas du titre acidimétrique pris isolément, mais des proportions relatives d'acide libre et d'acide neutralisé par les bases; *ce rapport, seul, mesure la concentration du suc en ions* H *et, par conséquent, son pouvoir inversif;* il est égal à 5 environ dans l'orange précédemment étudiée; il s'élève à 15 dans le jus de citron, dont l'activité est très voisine de celle de l'acide libre; dans les oranges douces indigènes, il peut descendre, à la maturité, au-dessous de 2, et le suc de ces fruits est à peu près sans effet sur le saccharose.

Si, néanmoins, le sucre s'intervertit dans les fruits, même lorsque les doses d'acide libre et d'acide salifié sont voisines, cette transformation ne peut être imputée qu'à la sucrase; l'hydrolyse est, en effet, beaucoup plus lente dans les sucs préalablement portés à l'ébullition; elle progresse plus rapidement dans les jus que dans les organes eux-mêmes, en raison du mélange intime de l'enzyme et du saccharose dans les sucs d'expression.

ZOOLOGIE. — *Les caractères d'adaptation du rein du Phoque de Ross* (Ommatophoca Rossi *Gray*) *aux conditions de la vie aquatique*. Note de MM. **R. Anthony** et **J. Liouville**, transmise par M. Edmond Perrier.

Le Phoque de Ross, que nous ne commençons guère à connaître que depuis ces toutes dernières années, grâce aux résultats publiés des récentes explorations antarctiques, est le plus spécialisé de tous les Pinnipèdes par rapport aux conditions de la vie dans les eaux. Plus qu'aucun autre Phoque, il tend vers le type d'adaptation générale que réalisent les Cétacés, notamment par la régression très marquée que présentent, d'une part, ses ongles (surtout aux extrémités postérieures) et, d'autre part, ses dents.

Ayant à notre disposition, au laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire naturelle, un rein gauche de Phoque de Ross, recueilli par l'un de nous au cours de la deuxième Expédition antarctique française (1908-1910), il nous a paru intéressant de rechercher quelles modifications avait pu subir, chez cet animal, un organe que, généralement, remanient d'une façon si profonde les conditions de la vie dans les eaux.

Chez les Cétacés, où l'on observe le maximum de spécialisation morphologique par rapport à ces conditions, le rein est lobulé ; divisé en rénicules complètement individualisés et d'autant plus nombreux que le volume

somatique de l'animal est plus grand, il offre l'aspect d'une grappe (¹); il est en outre, et surtout lorsqu'il s'agit des grandes espèces, plus allongé par rapport à sa largeur que ne l'est celui des Mammifères terrestres ; son hile, enfin, est dissocié, l'artère rénale l'abordant et la veine rénale principale en sortant, au niveau de l'extrémité antérieure, alors que l'uretère en émerge à la face ventrale de son extrémité postérieure.

Chez les Otaries, les moins modifiés des Carnassiers pinnipèdes [présence d'oreilles externes, disposition des segments proximaux des membres les rendant encore relativement aptes à la marche et à la station sur terre, présence d'un scrotum externe (²)], le rein ne présente qu'une faible et toute superficielle ébauche de lobulation. Chez le *Phoca vitulina* L., la séparation en lobules est déjà plus marquée. Chez le Phoque de Ross ainsi que chez le Phoque crabier (*Lobodon carcinophaga* Hombr. et Jacq.), autre espèce exclusivement antarctique, le rein présente l'aspect en grappe de celui des Cétacés ; ses lobules sont, comme chez les Cétacés, séparés par de profonds espaces où s'insinuent des prolongements de la capsule fibreuse périphérique. La seule différence à noter entre le rein des Cétacés et celui des Phoques est l'individualisation encore incomplète des rénicules, chez ces derniers.

Alors que le rein des Otaries présente encore la forme caractéristique de celui des Carnassiers terrestres, le rein du Phoque de Ross rappelle par sa forme générale, en particulier par son allongement, celui d'un Cétacé du groupe des Delphinidés, par exemple. Le rein du *Lobodon* tend déjà vers cet aspect.

Enfin, le caractère de convergence le plus important à noter au point de vue de la morphologie rénale, entre le Phoque de Ross et les Cétacés, est la dissociation du hile. Chez les Otaries, il existe une artère rénale unique et une grosse veine rénale également unique, abordant le rein ou en sortant, à angle droit, au milieu de son bord interne. L'uretère a son point d'émergence exactement au même niveau que le point d'entrée ou de sortie des vaisseaux. Il existe donc, chez les Otaries, un hile rénal en tout comparable à celui d'un Carnassier fissipède. Une légère indication de dissociation du hile rénal s'observe déjà chez la Loutre (Mustélidé aquatique), mais cette tendance ne s'accuse vraiment que chez les Phoques. Chez un

(¹) Voir, à propos du mécanisme de cette adaptation, R. Anthony, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1174.

(²) Voir, au sujet de l'ascension secondaire des testicules chez les Mammifères marins, R. Anthony, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 529.

spécimen de *Phoca vitulina* L., nous avons vu l'artère rénale se diviser en deux branches distantes, et l'uretère émerger de ce rein entre les deux branches de division de l'artère rénale. Chez le *Lobodon carcinophaga* Hombr. et Jacq., et surtout chez l'*Ommatophoca Rossi* Gray, la dissociation du hile rénal atteint son maximum. Les veines rénales sont multiples et on les voit émerger du rein le long de tout son bord interne au nombre de cinq ou six. L'artère rénale est divisée en deux branches comme chez le *Phoca vitulina* L., l'antérieure irriguant par ses subdivisions la partie céphalique et moyenne du rein, la postérieure, sa partie caudale. Chez le Phoque de Ross, et seulement chez lui, la branche postérieure de l'artère rénale émet, avant de pénétrer dans le rein, une longue branche secondaire qui irrigue seulement sa pointe extrême. Le point d'émergence de l'uretère tend d'autre part, chez les Phoques antarctiques, à émigrer vers l'extrémité caudale de l'organe et à passer sur sa face ventrale; cette tendance est surtout accusée chez le Phoque de Ross.

En résumé, le rein du Phoque de Ross présente le maximum de caractères de spécialisation, en rapport avec la vie dans les eaux, que l'on rencontre parmi les Pinnipèdes. Il est assez comparable au rein des Cétacés de type primitif, tels le *Mesoplodon* par exemple, dont, tout au moins, la dissociation du hile n'est pas aussi complète que chez les Delphinidés.

HISTOLOGIE. — *Sur l'existence de plaquettes chez l'*Astacus fluviatilis. Note de M. **L.-M. Bétancès**, présentée par M. Henneguy.

L'existence de plaquettes sanguines n'a jamais été, jusqu'ici, constatée que chez les Mammifères. Chez les Vertébrés inférieurs, sous le nom de thrombocytes, on a mentionné l'existence de cellules appelées à remplir le même rôle physiologique. Chez les Vers, les Mollusques, les Échinodermes et les Crustacés, on a observé des cellules leucocytoïdes qui, au point de vue physiologique, sont comparables aux plaquettes.

Les résultats de nos recherches chez l'*Astacus* diffèrent de ceux obtenus par les auteurs qui, de 1824 à 1918, ont étudié cette question.

Nous avons trouvé chez ce Crustacé des microcellules qui nous ont paru identiques, morphologiquement, aux thrombocytes des Vertébrés.

Sur des frottis de sang humides, plongés durant quelques minutes dans une solution de NaCl ou de $MgSO^4$ à 7 ou 9 pour 1000, et que nous avons ensuite fixés et colorés par le May-Grünwald-panchromo de Laveran ou de Pappenheim, nous avons vu ces

microcellules, mesurant de 4 à 7 μ, constituées par un petit noyau sphérique ou ovale, excentrique, coloré en rouge violacé et entouré d'un cytoplasma relativement abondant, coloré en bleu plus ou moins intense. En règle générale il présente une grande vacuole bordée, dans une portion de son étendue, par un segment du noyau ou encore plusieurs vacuoles. D'autres fois, le cytoplasma est fragmenté ou encore amiboïde. Fréquemment, aussi, nous avons rencontré ces éléments mesurant de 10 à 15 μ, présentant dans leur cytoplasma soit deux petits noyaux avec une seule vacuole, soit plusieurs noyaux avec chacun une vacuole tangentielle [agglutination ou division directe ?].

En outre de ces formes très communes, nous avons encore constaté l'existence de véritables agglutinats de plaquettes, de tout point identiques à ceux qu'on rencontre dans les frottis de sang des Mammifères, et présentant un chromomère rouge violacé et un hyalomère rose ou bleu très pâle. Dans certains cas aussi, ces agglutinats sont constitués par les formes que nous avons précédemment décrites.

Après traitement par la solution physiologique, fixation des frottis par l'alcool absolu et coloration par le triacide, ou encore par le vert de méthyle-pyronine, nous observons les mêmes structures, mais sans que le noyau soit nettement différencié du cytoplasma. Les microcellules en question sont donc amphophiles.

Elles sont nombreuses dans les cellules des canaux déférents, dans le sang des cavités branchiales, et plus nombreuses encore dans les cellules de la substance corticale de la glande verte. Les impressions sur lame de ces organes, traitées de la même manière que précédemment, nous ont permis de constater l'abondance de ces éléments.

Nous avons fait dans ces mêmes organes, après fixation par l'alcool sublimé, des coupes qui ont été colorées par les mêmes mélanges, et nous avons pu constater que la forme et la chromophilie des microcellules différaient quelque peu de ce que nous avons précédemment décrit. Notamment, les microcellules ou les agglutinats se présentent en masses, ou en granulations irrégulières, de même grandeur que celle que nous avons donnée, avec la même structure, mais en prenant, le noyau et le cytoplasma, le même colorant. Il en est de même pour les frottis du rein ou du canal déférent qui n'ont pas été traités par la solution physiologique. Ce n'est que très rarement, en procédant de la sorte, que nous avons rencontré quelques microcellules avec leur noyau rouge et leur cytoplasma bleu pâle.

Dans les frottis de sang, fixés et colorés après coagulation, il devient impossible de différencier les microcellules.

L'examen du sang pur ou du sang dilué dans une goutte du liquide de Ringer, celui du plasma glandulaire, pratiqué entre lame et lamelle, nous a permis de constater, dans quelques cellules, un cytoplasma non homogène, et nous avons observé, après un délai de 15 à 25 minutes, qu'il se gonflait et donnait naissance à des petites sphérules de dimensions variées, et cela

au moment précis de la coagulation. Les mêmes préparations, une fois fixées et colorées, ne nous ont pas permis d'identifier toutes ces sphérules des microcellules.

Dans la coloration vitale du sang par le mélange Demel ou le bleu brillant, nous avons pu constater des granulations bleuâtres, violacées, et des granulations soudanophiles dans quelques cellules, mais sans pouvoir non plus les identifier aux thrombocytes.

En ce qui concerne leur origine, ces éléments ont été rencontrés par nous soit libres, soit dans le cytoplasma de certaines cellules, chez des embryons de l'*Astacus*. Ils se présentent communément sous la forme précédemment décrite, c'est-à-dire avec un noyau rouge violacé et un cytoplasma plus fortement basophile, homogène, rarement vacuolisé, et parfois avec un noyau en voie de division directe. Dans ces microcellules, ainsi que dans quelques-unes de celles d'*Astacus* adultes, nous avons observé, dans le cytoplasma, quelques granulations ou encore un bâtonnet chromatique rouge vif.

Mais bien que nous les ayons trouvées, chez des embryons ou chez l'animal adulte, collées autour du noyau de certaines cellules et ressemblant à un bourgeon nucléaire, il nous est impossible, jusqu'à présent, de pouvoir affirmer qu'elles ont une origine caryogène.

Quant à leur rôle physiologique, ces microcellules sont très agglutinantes. Chez des *Astacus* infectés, il nous a été donné de constater la présence de microbes collés ou agglutinés sur leur périplasma ou même ayant pénétré à leur intérieur.

Si l'on vient à désarticuler une patte de l'animal, au sein du caillot formé dans l'articulation on trouve une très grande abondance de ces microcellules. Elles se rencontrent pareillement au sein du caillot constitué par le sang recueilli dans un tube renfermant une petite quantité d'une solution de $MgSO^4$.

En somme, ces éléments sont très fragiles et se déforment très facilement. Aussi très souvent rencontre-t-on ces éléments dans un état où il devient très malaisé de les différencier d'avec les débris nucléaires ou cytoplasmiques.

Ces microcellules donc, par leur morphologie, par leur fragilité, par leur pouvoir agglutinant, sont de tous points comparables aux thrombocytes des Vertébrés.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une culture pyocyanique*. Note de M. C. GESSARD, présentée par M. ROUX.

Une culture pyocyanique, que j'ai due à l'obligeance de M. le Dr Veillon, offrait un certain intérêt au point de vue des récentes acquisitions qu'a faites la biologie du bacille. Cette culture consistait en colonies sur gélose, obtenues par repiquage de la première gélose ensemencée avec le pus d'une articulation ouverte, où le bacille pyocyanique se trouvait presque à l'état de pureté. Cette culture n'était pas homogène, en ce sens que les colonies qui la composaient n'étaient pas toutes formées des mêmes germes. C'est aussi bien le cas ordinaire, et le défaut d'homogénéité des cultures microbiennes est une notion ancienne, où notamment le bacille pyocyanique, avec les travaux de Wasserzug, a fourni de bonne heure une contribution importante. J'ai eu souvent l'occasion de le constater. Toutefois, je n'avais pas encore vu la dissemblance entre les divers germes d'une même culture pyocyanique dépasser le degré où correspond la distinction des races, soit une variation quantitative des pigments que le bacille produit en bouillon. Alors qu'ils se différenciaient dans ce milieu, les germes gardaient jusqu'ici une réaction pigmentaire commune dans l'eau peptonée, où les variétés se distinguent : c'est-à-dire que, de races différentes, ils appartenaient à la même variété.

Ce fait s'est retrouvé dans la culture en question : avec des germes de race A, qui font pyocyanine et vert fluorescent dans le bouillon, coexistaient des germes de race F, qui ne font que du vert fluorescent dans ce milieu, cependant que les uns et les autres donnaient de la pyocyanine en eau peptonée, s'avérant ainsi de la variété pyocyanogène Pe. Mais il y avait en plus, dans une autre colonie, des germes qui, tout en se comportant comme les précédents en bouillon et faisant aussi comme eux de la pyocyanine sur gélose-peptone glycérinée, ne donnaient en revanche aucun pigment en eau peptonée : ils appartenaient donc à la variété achromogène O. Des germes plus différents encore formaient une troisième colonie : incapables de faire de la pyocyanine dans aucun milieu, ils se rangeaient parmi les bacilles que j'ai appelés pyocyanoïdes [1].

Or, d'origine naturelle ou expérimentale, ces diverses catégories de

[1] *Technique d'identification des germes pyocyaniques* (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 34, 1920, p. 88).

microbes ne s'étaient pas encore trouvées réunies, mais s'étaient manifestées isolément dans des temps distincts. Les bacilles pyocyanoïdes entre autres, dont à diverses reprises des cultures sont parvenues au laboratoire, n'étaient jamais mélangés de germes de types différents. Au contraire, dans la nouvelle culture, ces suprêmes aboutissants de la dégradation pigmentaire progressive dont j'ai poursuivi l'étude, s'accompagnaient d'autres germes, et ces germes reproduisaient les phases successives de cette dégradation, laquelle se résume dans la récession graduelle de la fonction pyocyanogène de nos divers milieux de culture : du bouillon d'abord, avec les germes de la race F; de l'eau peptonée ensuite, avec les germes de la variété O; enfin, de la gélose-peptone glycérinée, avec les bacilles pyocyanoïdes. En sorte que, dans une expérience comparative de mise en culture parallèle et simultanée de ces trois sortes de germes dans les trois milieux usuels, on peut voir la pyocyanine exclue et un vert fluorescent sensiblement égal dans la culture en bouillon pour les trois germes, tous trois effectivement de race F; une seule eau peptonée colorée en bleu par le germe de la variété Pe, qui est aussi cause de la coloration bleue de la gélose-peptone glycérinée correspondante, l'autre gélose bleuie se rapportant à la variété O, cependant que l'absence de coloration de la troisième gélose-peptone glycérinée coïncide avec une absence de coloration pareille des deux autres milieux pour caractériser les bacilles pyocyanoïdes. Ces résultats peuvent être rapprochés sous la forme du Tableau ci-dessous pour faire saisir d'un coup d'œil les caractères de chaque germe au regard de chaque milieu, en même temps que les variations de la fonction pyocyanogène, alternativement positive (+) et nulle (—) selon les germes et les milieux. C'est proprement le tableau d'une évolution d'espèce, où le prototype, qui est inscrit ici en première ligne, est le germe caractéristique de l'espèce, comme étant le plus chromogène et celui qui, par ses dégradations pigmentaires successives, a donné naissance aux autres types, et dont au surplus des représentants se sont retrouvés à côté de ceux-ci dans la culture.

| Germes. | | Milieux de culture. | | |
|---|---|---|---|---|
| Variété. | Race. | Bouillon. | Eau peptonée. | Gél.-pept. glycér. |
| Pc | A | + | + | + |
| Pc | F | — | + | + |
| O | F | — | — | + |
| Pyocyanoïdes | F | — | — | — |

Ces divers germes liquéfient tous également la gélatine et montrent tous

une sensibilité égale au sérum spécifique que M. Launoy (¹) nous a appris à préparer et qui est empêchant de cette liquéfaction. Rappelons que cette réaction est la condition nécessaire et suffisante des bacilles pyocyanoïdes et le lien par lequel, malgré leur transformation profonde, ils se rattachent toujours à leur origine pyocyanique.

Il faut noter encore, qu'en plus de la nouveauté de cette association de germes à divers degrés d'évolution où j'ai insisté, la culture de M. Veillon nous fournit, parmi ces germes, un nouvel échantillon du type pyocyanoïde récemment décrit (²) et un deuxième exemplaire naturel de la variété achromogène (³), de création expérimentale à l'origine.

J'ajouterai une dernière remarque. La séparation des trois germes que j'ai distingués s'est trouvée réalisée avec les trois premières colonies qui furent reportées de la gélose dans le bouillon, sans que le grand nombre de colonies essayées par la suite vînt révéler des germes différents. Le hasard en fut cause. Le hasard eût pu faire qu'au contraire une réponse univoque résultât de trois ensemencements successifs. Quelle conclusion eût-on donc pu attendre d'un essai unique? On ne saurait jamais se borner à l'ensemencement d'une seule colonie. La non-homogénéité des cultures microbiennes est la règle, et l'on doit toujours s'attendre à rencontrer, à côté des représentants légitimes de l'espèce en cause, les types de transformation qui résultent du vieillissement et du nombre des générations sans cesse accru que comporte toute culture, même peu âgée, mais qui n'est estimée telle que d'après notre mesure.

BACTÉRIOLOGIE. — *Atténuation des effets pathogènes de certains microbes par des mélanges avec les mêmes microbes morts.* Note de M. **J. Danysz** et Mme **St. Danysz**, présentée par M. Roux.

*Expérience.* — On prépare plusieurs tubes d'une culture de 24 heures sur gélose d'un paratyphique D et l'on fait une émulsion de cette culture dans $5^{cm^3}$ de bouillon ordinaire par tube.

---

(¹) Launoy, *Les sérums protéasiques...* (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 34, 1920, p. 249).

(²) *Sur les bacilles pyocyanoïdes* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 298).

(³) *Variété achromogène du bacille pyocyanique* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1066). Au cours de cette étude, j'ai reçu de M. le Dr Salimbéni un troisième exemplaire achromogène (OF pur) qu'il a trouvé associé à des streptocoques et des staphylocoques blancs dans le pus d'une ostéomyélite.

Cette émulsion tue toutes les souris blanches par ingestion à la dose de $\frac{1}{1000}$ de centimètre cube en 3 à 5 jours.

Une partie de cette émulsion microbienne est mise en ampoules scellées et chauffée à 70° pendant 1 heure.

Alors on donne à manger à 5 souris :

A la souris n° 1, du pain imbibé de $0^{cm^3},05$ de l'émulsion vivante diluée dans $5^{cm^3}$ de bouillon ;

A la souris n° 2, la même préparation avec en plus $0^{cm^3},1$ de la culture chauffée ;

A la souris n° 3, la même préparation avec en plus $0^{cm^3},5$ de la culture chauffée ;

A la souris n° 4, la même préparation avec en plus $1^{cm^3}$ de la culture chauffée ;

A la souris n° 5, $0^{cm^3},05$ d'une émulsion préparée avec une culture de 24 heures sur gélose ensemencée avec une goutte de la préparation n° 4, préalablement préparée et conservée pendant quelques heures à l'étuve.

*Résultats.* — La souris n° 1 est morte en 4 jours, le n° 2 en 6 jours, le n° 3 en 10 jours, le n° 4 a survécu pendant plus d'un mois, le n° 5 en 5 jours. La souris n° 4, contaminée de nouveau de la même façon par $0^{cm^3},05$ de l'émulsion vivante, est morte en 5 jours; elle n'était donc pas vaccinée, mais il est à noter que nous n'avons jamais pu parvenir à vacciner les souris contre ce microbe, après avoir essayé toutes les méthodes de vaccination connues.

*Conclusions.* — Puisque la souris n° 4 a résisté à l'ingestion d'une dose 500 fois plus forte que la dose sûrement mortelle, que l'incubation de la maladie a été sensiblement plus longue pour les souris n° 3 et n° 2, il faut nécessairement en conclure que les effets de la contagion ne dépendent pas seulement de la virulence, ni de la quantité des microbes ingérés, mais aussi de la proportion des microbes vivants et des microbes morts, et puisque la souris n° 5 est morte à peu près en même temps que le témoin, il faut en déduire que l'action empêchante des microbes morts, sur les effets pathogènes des microbes vivants, s'exerce *in vivo* par l'intermédiaire d'une réaction de l'organisme et non par une action directe des microbes morts sur les microbes vivants, *in vitro*. On peut admettre que, pour certaines maladies d'origine intestinale, le processus de vaccination par les microbes morts est plus rapide que le processus pathogène par les microbes vivants.

On peut en déduire que, si dans les cas de contagion spontanée, un très petit nombre de microbes peut provoquer une maladie grave, c'est que, dans ces cas, tous les microbes qui pénètrent dans l'organisme par les muqueuses ou par piqûres d'insectes doivent être vivants, condition que

l'on ne réalise que rarement dans les expériences de laboratoire, parce qu'on tue un grand nombre de microbes par les changements de milieu et les autres manipulations indispensables.

BACTÉRIOLOGIE. — *Les microorganismes persistant dans le lait après la pasteurisation : leur rôle sur la décomposition de l'eau oxygénée.* Note de M. **M. Fouassier**, présentée par M. Roux.

Dans une précédente Note, j'ai exposé que certains germes (*B. subtilis*, *Tyrothrix tenuis*), fréquemment rencontrés dans le lait pasteurisé, possédaient la propriété de décomposer activement l'eau oxygénée, en proportions variables, lorsqu'ils étaient cultivés sur un milieu approprié.

J'ai étudié si cette action continuait à se manifester dans le lait : en outre, j'ai déterminé l'influence que ces germes exerçaient, dans les mêmes conditions, sur la fermentation lactique en présence ou en l'absence du bioxyde d'hydrogène.

Pour cela, une série de tubes à essais contenant une quantité égale de lait stérilisé, les uns sans aucune addition, les autres additionnés de 1 pour 100 d'eau oxygénée à $12^{vol}$ sont ensemencés respectivement avec le *B. subtilis*, le *Tyrothrix* ou le ferment lactique d'une part, et avec le mélange *B. subtilis*-ferment lactique ou *Tyrothrix*-ferment lactique d'autre part.

Les ensemencements étaient effectués à l'aide de quelques gouttes d'une émulsion aqueuse de culture microbienne.

Après 15 heures d'incubation à 30°, j'ai déterminé le pouvoir catalysant sur une série de ces tubes et l'acidité lactique sur l'autre série.

Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant :

15 *heures après l'ensemencement.*

| Culture, sur lait stérilisé, de | Décomposition de l'$H^2O^2$ ajoutée préalablement à la dose de 1 p. 100. | Pouvoir catalysant de cultures. | Acidité lactique de la culture exprimée en degrés Dornic. Addition de 1 p. 100 $H^2O^2$. | Sans addition. |
|---|---|---|---|---|
| *B. subtilis* | totale | 5,8 | 19°,8 | 19°,8 |
| *Tyrothrix* | id. | 2,2 | 20,2 | 20,1 |
| Ferment lactique | id. | 0,2 | 27,0 | 52,2 |
| *B. subtilis* + ferment lactique | id. | 6,1 | 74,7 | 77,4 |
| *Tyrothrix* + ferment lactique | id. | 2,3 | 72,0 | 76,5 |
| Lait stérilisé témoin | nulle | nul | 19,8 | 19,8 |

En ce qui concerne le pouvoir catalysant, on remarque que mes constatations antérieures, sur milieu lactosé, se trouvent confirmées pour le *B. subtilis* et le *Tyrothrix*, tandis que le pouvoir catalysant du ferment lactique, précédemment nul dans ce même milieu, est maintenant suffisamment accusé pour permettre la décomposition totale de l'eau oxygénée à la dose de 1 pour 100. Quant aux associations microbiennes, on constate que les pouvoirs catalysants des germes en présence se sont additionnés; l'eau oxygénée a été de ce fait rapidement détruite.

En considérant les chiffres d'acidité, on voit que le *B. subtilis* et le *Tyrothrix* donnent sensiblement le même chiffre que le lait stérilisé témoin. L'action acidifiante du ferment lactique a été totalement arrêtée, ainsi que je m'en suis assuré par des déterminations, à intervalle régulier, tant que son action catalysante n'avait pas entièrement décomposé $H^2O^2$.

Dans le cas des associations microbiennes, non seulement les chiffres d'acidité sont très voisins les uns des autres, ce qui démontre combien le rôle antiseptique de l'$H^2O^2$ a été de peu de durée, mais encore ces chiffres accusent une acidification beaucoup plus considérable que lorsque le ferment lactique intervient seul dans les mêmes conditions. Cette action avait du reste été déjà observée quant au *Tyrothrix*.

On peut conclure que l'eau oxygénée, ajoutée après pasteurisation, aura une action antiseptique vis-à-vis les ferments lactiques que le lait collecte pendant le temps variable qui précède sa consommation. Cette action sera d'autant plus prolongée que le lait aura été tenu à l'abri des poussières chargées de *B. subtilis* ou de *Tyrothrix*, comme celles des étables par exemple. Les spores de ces germes résistant à la pasteurisation, ceux-ci pourront, par la suite, proliférer dans le lait : par leurs propriétés catalysantes, ils contribueront pour une large part à la décomposition totale de l'eau oxygénée, au cas où cet antiseptique aurait été employé; en outre, ils activeront le développement des ferments lactiques en fournissant à ceux-ci un élément plus facilement assimilable, grâce à l'action peptonisante qu'ils exercent sur les albuminoïdes du lait.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 9 AOUT 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison du caractère férié attribué au lundi 16 août de cette année par la loi du 23 décembre 1904, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 17.

M. le **Président** annonce à l'Académie la mort de M. **Pierre Morat**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie.

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvel appareil optique ou électrique pour la mesure des oscillations de vitesse et des écarts angulaires.* Note (¹) de **M. A. Blondel** (²).

Les appareils mécaniques qui ont été imaginés jusqu'à maintenant pour étudier les oscillations des machines modernes à grande vitesse (jusqu'à 1500 tours par minute, soit 25 tours par seconde) n'ont ni la fréquence d'oscillation propre suffisante (qui devrait être d'au moins 500 vibrations par seconde), ni l'amortissement convenable, qui doit pouvoir être réglé aux environs de l'amortissement critique (³). Pour supprimer toute inertie

---

(¹) Séance du 26 juillet 1920.

(²) Extrait d'un pli cacheté reçu dans la séance du 6 janvier 1919, inscrit sous le n° 8608 et ouvert dans la séance du 26 juillet 1920.

(³) Cf. A. Blondel, Les Tables générales 1881-1895 donnent : *Conditions générales que doivent remplir les instruments enregistreurs et indicateurs* (*Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 748).

on a déjà proposé [1] de recourir à l'enregistrement optique des écarts angulaires de l'arbre du moteur par rapport à un arbre réel ou fictif tournant à une vitesse rigoureusement constante; mais ces méthodes sont restées compliquées et peu précises.

Celle que je vais décrire n'exige que le montage d'un simple disque à fentes, en carton noirci, sur le bout d'arbre de la machine, et l'emploi d'un enregistreur photographique portatif, toujours le même, muni d'un arc électrique ou d'un éclateur à étincelles périodiques très lumineuses.

*Principe de la méthode.* — La méthode a pour base l'enregistrement, sur une préparation photographique (film ou papier) entraînée à une vitesse uniforme, des déplacements angulaires d'un disque D (*fig.* 1) fixé sur l'arbre

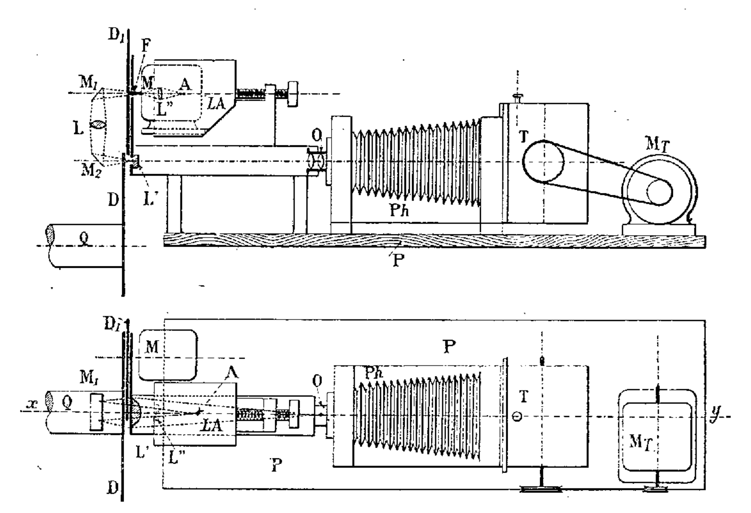



Fig. 1. — Disposition générale en élévation et en plan d'un appareil pour enregistrement optique par arc.

D, disque à fentes calé sur l'arbre du moteur étudié; $D_1$, disque à fentes radiales entraîné par le moteur auxiliaire M; LA, lampe à arc; F, fente fixe dans un écran; $M_1$, $M_2$, miroirs; L, lentille cylindrique à génératrices horizontales; L', lentille cylindrique à génératrices verticales; L'', condensateur de l'arc formant foyer conjugué sur F; O, objectif; *Ph*, chambre noire; T, caisse contenant un tambour tournant recouvert d'un film; $M_1$, moteur entraînant le tambour; P, plateau support.

de la machine en expérience. Ce résultat est obtenu en mesurant ces déplacements angulaires du disque par le déplacement rectiligne d'un point lumineux.

---

[1] Cf. notamment les méthodes de M. Sartori (*Il Monitore Technico*, 20 mai 1898), et surtout de mon regretté maître Cornu (*Bulletin de la Soc. int. des Électriciens*, t. 1, 1901, p. 519), créateur des méthodes stroboscopiques.

A cet effet, le disque D est muni sur son pourtour (*fig.* 2) d'une série de fentes F équidistantes, découpées en développantes, et qui défilent devant une fente lumineuse fixe *ab* pratiquée, par exemple, dans un écran E [1] et disposée tangentiellement au cercle *c* qui a servi de générateur aux dévelop-

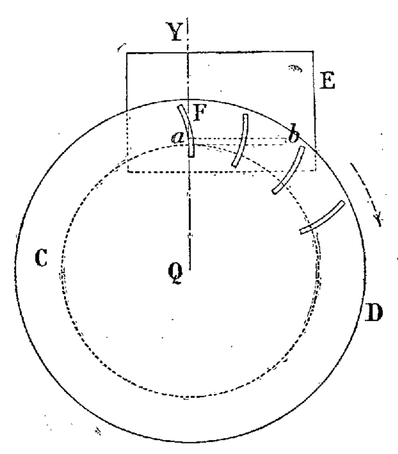



Fig. 2. — Schéma de la disposition du disque D tournant et de l'écran fixe E.
F, fentes mobiles; *ab*, fente fixe de l'écran E; QY, verticale menée par le centre Q du disque.

pantes. Cette fente est éclairée par un miroir $M_2$, recevant lui-même la lumière d'une source suffisamment puissante A. Le tambour T, qui entraîne le film ou papier photographique, est contenu dans une chambre noire, dont l'objectif O projette sur la surface du papier l'image de la fente *ab*.

1. Supposons tout d'abord la fente *ab* constamment éclairée. Si le disque D est entraîné à une vitesse rigoureusement constante, les intersections de *ab* avec les fentes F apparaissent comme des points lumineux qui se déplacent avec une vitesse rectiligne constante. Ils ont, par rapport au papier photographique, la vitesse résultant de la vitesse $v$ du déplacement de l'image, et de la vitesse tangentielle $v'$ de la surface du tambour et s'inscrivent sur le papier développé sous forme d'une série de droites obliques, parallèles, dont le coefficient angulaire (tangente de l'angle formé par la droite oblique avec la droite qui serait inscrite sur le tambour par un point lumineux fixe) donne le rapport $\left(\frac{v}{v'}\right)$ de ces deux vitesses.

---

[1] On verra plus loin que, dans la réalisation, cet écran E est supprimé et sa fente remplacée par une raie lumineuse.

2. Remplaçons maintenant la source lumineuse continue A par une succession d'éclats lumineux brefs émis à des intervalles de temps égaux; chaque courbe ou droite oblique sera remplacée par une succession de points. Si le nombre des éclats est convenablement choisi (un par passage d'une développante devant la fente *ab*), et si, d'autre part, la vitesse de la machine est rigoureusement synchronisée avec celle de l'appareil producteur d'étincelles, les points lumineux obtenus donneront une image fixe dans la chambre noire. Leur enregistrement se fera donc suivant une succession de points répartis sur une circonférence du tambour. Les oscillations de vitesses se traduiront par des balancements proportionnels aux écarts angulaires de la machine en expérience par rapport au mouvement d'entraînement de l'appareil à étincelles.

Si, au lieu d'un balancement, il y a défilement continu de l'image des points (image qu'on peut renvoyer sur un verre dépoli pendant le réglage préliminaire), c'est que la vitesse de la machine restera plus grande ou plus petite que celle du synchronisme; on modifiera la « fréquence » des éclats jusqu'à obtenir sensiblement ce balancement (¹).

De la courbe ainsi obtenue des écarts angulaires en fonction du temps, on peut déduire facilement, par points, la courbe des variations de vitesses angulaires (qui en est la dérivée par rapport au temps).

*Source de lumière intermittente.* — La source de lumière qui produit les éclats peut être soit un arc A occulté par un disque tournant $D_1$, muni d'une fente mince tournant devant la fente F d'un écran, soit, quand on veut

---

(¹) Il n'est d'ailleurs pas nécessaire de réaliser rigoureusement ce réglage; car, même s'il subsiste un défilement lent des points, on peut encore obtenir sur le tambour une inscription utilisable, en acceptant que la ligne représentant sur le film une fois développé, la vitesse moyenne ne sera pas une ligne parallèle au bord du film, mais oblique. Cette ligne oblique sort plus ou moins vite de la bande de papier photographique placée sur le tambour, mais elle est constamment remplacée par d'autres lignes parallèles correspondant aux autres points qui se succèdent sur la fente horizontale.

Il est possible théoriquement d'obtenir rigoureusement le parallélisme des lignes moyennes par rapport au bord de la bande de papier en réunissant l'arbre du moteur étudié, par une transmission flexible, à l'arbre du producteur d'éclats. Mais alors il faut avoir soin d'ajouter à ce système d'entraînement un volant suffisant pour éviter que sa période d'oscillations propres produites par l'élasticité de torsion du flexible soit du même ordre que les oscillations enregistrées. Ce dispositif présente seulement des difficultés de réalisation pratique au moment de la mise en route.

réaliser des éclats plus brefs, une étincelle électrique provoquée par la décharge d'un condensateur K, chargé par l'extra-courant que produit la rupture brusque du courant primaire d'une bobine d'induction J (1); cette étincelle est alors placée au-dessus de la lentille cylindrique L, représentée sur la figure 1, et de façon qu'elle projette l'image conjuguée de l'étincelle sur le disque D.

*Artifices optiques.* — Un écran diffusant par transparence pour éclairer la fente *ab* n'aurait qu'un très mauvais rendement lumineux. On obtient une image aérienne en forme de ligne mince *ab* beaucoup plus lumineuse, en plaçant en L une première lentille cylindrique, à génératrices horizontales, interposée entre le disque D et le disque $D_1$ (*fig.* 1), et calculée de manière que l'image de la fente F par rapport à L se fasse sur le disque D après réflexion sur deux miroirs $M_1$ et $M_2$. Chaque point de la fente *ab* renvoie alors sur O une image de F, et toute la lumière reçue par la fente est utilisée pour l'éclairement de l'image.

Mais l'objectif O ne serait ainsi pas bien utilisé, parce qu'il ne recevrait qu'une nappe lumineuse horizontale, émanant de la fente F et d'une ouverture limitée par la hauteur même de la source A, qui est généralement très faible. Un perfectionnement a donc consisté à interposer, entre la source A et la fente F, une seconde lentille cylindrique L″, à génératrices horizontales (perpendiculaires au tableau), et calculée de façon à former l'image de la source A sur la fente F. Une troisième lentille L′ à génératrices verticales, qui ne gêne pas la marche des rayons dans le sens vertical, les fait converger sur le centre optique de l'objectif : la nappe de lumière reçue par l'objectif de la fente *ab* embrasse un angle horizontal correspondant à l'ouverture

---

(1) Cet extra-courant peut être provoqué :

*a*. Par un interrupteur tournant ordinaire ou à mercure, entraîné à une vitesse constante par un moteur auxiliaire ordinairement synchrone;

*b*. Par un rupteur vibrant à électro-diapason.

La difficulté principale que l'on rencontre dans l'application des étincelles à l'enregistrement des vitesses, c'est d'obtenir les éclats instantanés de puissance lumineuse suffisante.

Les étincelles peuvent bien être renforcées, autant qu'on le veut, par l'emploi du condensateur placé en dérivation sur les bornes de l'éclateur, à condition d'employer une bobine suffisamment puissante; mais il devient alors difficile de faire produire par celle-ci, lors de chaque rupture, des étincelles *uniques et espacées* suivant une loi de périodicité rigoureuse. On augmente aussi l'intensité lumineuse en faisant jaillir les étincelles entre des électrodes de métaux spéciaux (magnésium, tungstène, etc.).

angulaire, non plus de la source, mais de la lentille L; elle est transformée par la lentille L′ en une ligne verticale plus ou moins large qui se forme sur la lentille antérieure de l'objectif.

L'ensemble de ces artifices réalise une concentration de lumière suffisante pour l'obtention d'excellentes photographies sur le tambour tournant T.

*Application de la méthode.* — Une application de cette méthode a été faite en 1915 sur un petit moteur à explosion (type Panhard et Levassor, 600 t : m) d'une puissance de quelques chevaux actionnant par courroie une dynamo à courant continu, avec le concours de mon assistant M. Touly. Le disque D placé sur le moteur avait $160^{mm}$ de diamètre et portait 16 fentes de $1^{mm}$ de largeur. Le disque $D_1$ avait un diamètre de $300^{mm}$ et possédait 8 fentes [1].

*Enregistrement électrique.* — Le dispositif représenté par la figure 3, qui

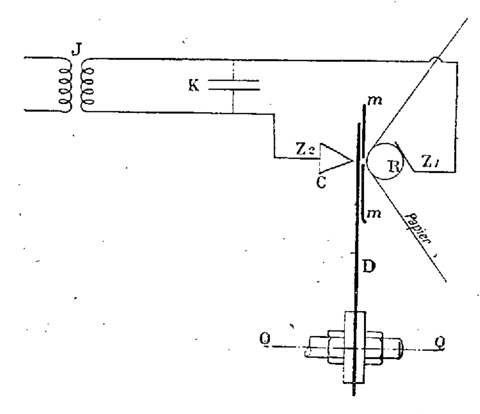



Fig. 3. — Schéma de l'enregistrement par étincelles électriques.

D, disque mobile fixé sur l'arbre et muni de fentes perforées; *mm*, écran isolant muni d'une fente horizontale; C et R, pièces métalliques parallèles à la fente entre lesquelles jaillissent les étincelles; J, transformateur; K, condensateur.

est en cours de construction, consiste à remplacer la photographie d'un point lumineux par l'effet colorant ou perforant d'une étincelle électrique traversant une bande de papier quelconque.

La bande de papier défile sur le rouleau conducteur R à proximité immédiate du disque D de matière isolante, dans lequel sont découpées des fentes en développantes de cercle. Derrière ce disque, la fente lumineuse est rem-

[1] Les courbes obtenues seront publiées dans un Mémoire détaillé qui va paraître dans un autre périodique.

placée par un conducteur métallique C de section triangulaire, par exemple, et placé en face du tambour R, parallèlement à ses génératrices.

Un interrupteur synchrone, à mercure ou à contacts frottants, agit sur le primaire d'une bobine J dont le secondaire est relié d'une part à ce conducteur C, d'autre part au tambour R. Les étincelles produites par cet éclateur, ne pouvant jaillir qu'à l'intersection des fentes F et de l'électrode horizontale C, reproduiront une succession de points qui donne ainsi une représentation suffisamment nette et précise des écarts angulaires de la machine étudiée, à condition que ces étincelles soient assez nourries et jaillissent en ligne droite.

## PLIS CACHETÉS.

M. **Fred Vlès** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 18 juin 1917 et inscrit sous le n° 8409.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Sur quelques propriétés spectrales de la toxine tétanique.*

MM. **Fernand** et **Edgard Vial** demandent l'ouverture d'un pli cacheté déposé par feu *L.-C.-Émile Vial*, leur père, dans la séance du 16 mars 1896 et inscrit sous le n° 5192.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une note *Sur la Création.*

## CORRESPONDANCE.

MM. **Maurice Arthus**, **Léonce Barthe**, **Flavien Bonnet-Roy**, **Henry Chabanier**, **Marius Chartier**, **Noël Fiessinger**, **Robert de Forcrand de Coiselet**, **Henri Gault**, **François Maignon**, **Émile-F. Terroine**, **Albert Terson**, **Charles Vaillant**, **Henri Violle** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E. Bally, *Géométrie synthétique des unicursales de troisième classe et de quatrième ordre.*

2° PAUL STROOBANT, *Les progrès récents de l'Astronomie* (VIII, année 1914) et *A propos de la prochaine disparition de l'anneau de Saturne*. (Présentés par M. H. Deslandres.)

GÉOMÉTRIE. — *Extrait d'une lettre de M.* **PETOT** *à M. Appell*, transmise par M. Appell.

En introduisant dans la formule (9) de ma Note sur la représentation sphérique des surfaces (même Tome, p. 161), au lieu des angles $\alpha$ et $\alpha'$ de l'élément $ds$ avec les directions asymptotiques, l'angle de ce même élément avec l'une des directions principales, on obtient la suivante :

$$e\,du^2 + 2f\,du\,dv + g\,dv^2 = \frac{ds^2}{\rho_n}, \tag{10}$$

où $\rho_n$ désigne le rayon de courbure de la section normale dont la direction est définie par les différentielles $du$, $dv$. Cette formule très simple a d'ailleurs été donnée par M. Darboux dans le paragraphe 927 de ses *Leçons*, je ne l'avais pas remarquée. Si l'on en tient compte, la relation (5) de ma Note prend cette forme :

$$d\sigma^2 = -\frac{ds^2}{RR'}\left(1 - \frac{R + R'}{\rho_n}\right), \tag{11}$$

où interviennent seulement des éléments géométriques, indépendants du système de coordonnées $(u, v)$, auquel la surface considérée S est rapportée. Ce résultat s'étend en outre, comme les précédents, au cas où l'on établit, entre deux surfaces quelconques, une correspondance par plans tangents parallèles.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le nombre des représentations d'un nombre par une forme cubique binaire à discriminant négatif.* Note de M. **BORIS DELAUNAY**, transmise par M. Hadamard.

1. Soit $Ax^3 + Bx^2y + Cxy^2 + Ey^3 = (A, B, C, E)$ une forme à discriminant D négatif, c'est-à-dire n'ayant qu'une racine réelle. Selon Lagrange (1768), la résolution de $(A, B, C, E) = \sigma$ se réduit au plus à la résolution de $\sigma$ nouvelles équations $(A_i, B_i, C_i, E_i) = 1$. Une telle équation, ou bien n'a pas de solutions, ou bien, si l'on connaît une de ces solutions, peut se réduire à la forme $(1, n, -p, q) = 1$. Nous allons étudier cette dernière.

2. Soit $\alpha^3 = n\alpha^2 + p\alpha + q$, alors on a

$$(x + \alpha y)(x + \alpha' y)(x + \alpha'' y) = 1,$$

et tout revient à trouver toutes les unités de l'anneau $[1, \alpha, \alpha^2] = O(\alpha)$ qui sont *binomes*, c'est-à-dire n'ont pas de membre contenant $\alpha^2$. Puisque $D < 0$ toutes les unités de $O(\alpha)$ sont des puissances à exposants positifs d'une unité fondamentale $0 < \varepsilon_0 < 1$ et de l'unité inverse $\varepsilon_0^{-1}$. En définissant dans l'espace les coordonnées $\xi = \frac{\omega' + \omega''}{2}$; $\eta = \frac{\omega' - \omega''}{2i}$; $\zeta = \omega$, où $\omega$ est un nombre de $O(\alpha)$, considérant la surface des unités $(\xi^2 + \eta^2)\zeta = 1$ et le *plan binome* $\xi + B\eta - \zeta = 0$, on reconnaît qu'il peut avoir seulement un nombre limité de solutions entre les unités inverses, qu'on peut toutes trouver. Soit $\varepsilon_0^{-m} = x + \alpha y$ la plus grande des solutions inverses, si nous transformons $(1, n, -p, q)$ par la substitution $\begin{pmatrix} x & \beta \\ y & \gamma \end{pmatrix}$ où $x\delta - y\beta = 1$, nous obtenons une nouvelle équation $(1, n', -p', q') = 1$ dont les solutions sont les solutions de $(1, n, -p, q) = 1$ divisées par $\varepsilon_0^{-m}$ et qui, par contre, n'a pas de solutions inverses.

3. Considérons maintenant les puissances d'une unité binome

$$(b\alpha + c)^m = M\alpha^2 + P\alpha + Q; \ \frac{M}{b} = \frac{m(m-1)}{1.2} c^{m-2} + \frac{m(m-1)(m-2)}{1.2.3} bc^{m-3} n + \ldots;$$

soit $b_1$ un diviseur premier de $b$ plus grand que 3, alors $|b_1^2| > 4$, $|b_1^3| > 5$, etc. et $M = 0$ est impossible. Si $|b_1| = 3$, alors $c^2 \equiv 1 \pmod 3$, $c \equiv 1$, $n \equiv 0 \pmod 3$ et $M = 0$ est impossible. Si $|b_1| = 2$, $M = 0$ est également impossible. Nous voyons que si $b \neq \pm 1$, aucune puissance de l'unité binome $b\alpha + c$ ne peut être binome.

4. Nous abordons maintenant la méthode qui nous conduira au but. Nous appelons cette méthode « algorithme de rehaussement ». Soit $(a\alpha^2 + b\alpha + c)^{m_i} = P_i\alpha + Q_i$, alors $\varepsilon_0'^{m_i} - \varepsilon_0''^{m_i} = P_i(\alpha' - \alpha'')$ et tous les $P_i$ sont donc divisibles par $\frac{\varepsilon' - \varepsilon''}{\alpha' - \alpha''} = -a\alpha + b + an$; si $(a, b) = \delta$, alors les $P_i$ sont divisibles par $\varkappa = \frac{1}{\delta^2} N(-a\alpha + b + an)$. Soit $\bar{\alpha} = \alpha\varkappa$, alors nous passons dans l'anneau $O(\bar{\alpha})$; toutes les unités de $O(\bar{\alpha})$ sont aussi puissances d'une unité fondamentale $\bar{\varepsilon}_0 = \varepsilon_0^{\nu}$, où $\nu$ est diviseur de $\varphi(\varkappa^2)$. Nous avons $(\bar{a}\bar{\alpha}^2 + \bar{b}\bar{\alpha} + \bar{c})^{\frac{m_i}{\nu}} = \bar{P}_i\bar{\alpha} + Q_i$, où $\bar{P}_i = \frac{P_i}{\varkappa}$. Nous répétons cette considé-

ration et ainsi de suite jusqu'à ce qu'un certain $\Delta^\star = -a^\star\alpha^\star + b^\star + a^\star n^\star$ ne soit une unité, alors $\varkappa^\star = 1$ et l'algorithme s'arrête.

Il y a à distinguer trois cas : I. Si $\Delta^\star$ ne devient nulle part unité, l'équation $(1, n, -p, q) = 1$ n'a pas de solutions (à part $x = 1, y = 0$); II. Si $\Delta^\star$ est $\pm 1$, alors $a^\star = 0$, $b^\star = \pm 1$ et toutes les solutions doivent être puissances de $\pm\alpha^\star + c^\star$ de la forme $P_i{}^\star\alpha^\star + Q_i$, c'est-à-dire des puissances de $k\alpha + c^\star$ de la forme $P_i\alpha + Q_i$ (où $k = \varkappa\bar{\varkappa}\bar{\bar{\varkappa}}\ldots \neq 1$ autrement que quand le cas II se rencontre au début), ce qui est impossible d'après 3; il n'y a donc, dans ce cas, qu'une seule solution $x = c^\star$; $y = k$; III. $-a^\star\alpha^\star + b^\star + a^\star n^\star$ est une unité algébrique. Soit par exemple $-a\alpha + b + an$ une unité algébrique, c'est une unité binome, soit $\varepsilon^\mu$; $\varepsilon^{\mu+1}$ est aussi binome. Si l'on transforme $(1, n, -p, q)$ par $\varepsilon^{\mu+1}$, on obtient une équation $(1, n', -p', q')$ qui a les solutions $\varepsilon^{-1}$ et $\varepsilon^{-\mu-1}$ et dont la racine $\eta = \varepsilon^{-1}$, c'est-à-dire que $\eta^{\mu-1}$ est de la forme $P\eta + Q$. Nous voyons que si $-a^\star\alpha^\star + b^\star + a^\star n^\star$ était une unité algébrique, alors $\eta^{\star\mu+1} = P\eta^\star + Q$, ce qui serait encore impossible d'après 3, puisque $\alpha^\star = k\alpha$, où $k \neq \pm 1$ (autrement que le cas III arrive au début), et par suite $\eta^\star = k\beta + c'$.

C'est-à-dire que $-a\alpha + b + an$ dans notre algorithme ne peut être unité algébrique que dès le début. Dans ce dernier cas notre équation peut être ramenée à une équation de la forme $(1, n, -p, 1) = 1$ dont la racine est $\varepsilon_0$; nous nommons une telle équation *réversible*.

5. Soit $\tau$ le premier exposant pour lequel $\Delta_\tau = \frac{\varepsilon'^\tau - \varepsilon''^\tau}{\varepsilon' - \varepsilon''}$ n'est pas une unité, s'il y a alors une solution telle que $m \equiv r_i \pmod{\tau}$, nous transformons au moyen de cette solution et nous obtenons une nouvelle forme, laquelle, à la place des solutions $m \equiv r_i$, admet des solutions telles que $m \equiv 0 \pmod{\tau}$ et $\Delta_\varepsilon$ permet d'amorcer notre algorithme, et alors nous nous trouvons dans les cas I et II; pour cette raison il n'y a pas plus de $2\varepsilon - 1$ solutions. Une simple discussion montre qu'en général, pour les équations du type III, $\tau = 2$ et les seuls cas où $\tau > 2$ se réduisent aux formes $(1, 0, 1, 1)$ $\tau = 4$ et $(1, -1, 0, 1)$ $\tau = 6$ que nous avons examinées en détail. De tout cela nous déduisons le théorème : *L'équation* $(1, n, -p, q) = 1$ *n'a pas plus d'une ou deux solutions et seulement pour certaines équations il y en a* 3 *et* 4, *mais pas plus de* 4 *solutions* (la solution triviale $x = 1$, $y = 0$ non comptée). Ceci nous fait voir que pour le nombre des solutions de l'équation $(A, B, C, E) = \sigma$ $(D < 0)$ est ainsi assignée une limite qui dépend du nombre $\sigma$, mais non des coefficients de la forme; elle est en général $< 2\sigma_1$, où $\sigma_1$ est le nombre des racines de la congruence $Ax^3 + Bx^2 + Cx + E \equiv 0 \pmod{\sigma}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros des séries de Dirichlet.* Note de M. **Fritz Carlson**, transmise par M. Hadamard.

Soit (1) $f(s) = \Sigma a_n n^{-s}$ une série de Dirichlet convergente pour $\sigma > 0$. Désignons par $N(\beta, \omega)$ le nombre des zéros de $f(s)$ dans la bande $\sigma \geqq \beta$; $|\tau| \leqq \omega$. MM. Bohr et Landau ont montré que (2) — $N\left(\frac{1}{2} + \delta, \omega\right) = o(\omega)$ pour $\delta > 0$. D'autre part, pour tout $\delta > 0$, on peut indiquer des séries (1) pour lesquelles $N\left(\frac{1}{2} + \delta, \omega\right) \neq o(\omega)$. Donc si l'on veut préciser (1), il faut tenir compte d'autres propriétés de $f(s)$. C'est ce qu'ont fait MM. Bohr et Landau pour $\zeta(s)$. En s'appuyant sur le développement $1 : \zeta(s) = \Pi(1 - p^{-s})$, ils ont obtenu $N\left(\frac{1}{2} + \delta, \omega\right) = o(\omega)$. Je montrerai :

Théorème I. — *Pour $\zeta(s)$ on a*

$$N\left(\frac{1}{2} + \delta, \omega\right) < \omega^{1-4\delta^2+\varepsilon},$$

*où, pour $\delta > 0$ fixe,* $\lim\limits_{\omega=\infty} \varepsilon = 0$.

Le but principal de cette Note est de faire voir que ce théorème peut être considéré comme une conséquence d'un théorème général sur les séries (1), de sorte que ladite approximation et *a fortiori* celle de MM. Bohr et Landau ne reposent pas sur des propriétés spéciales de $\zeta(s)$.

Dans (1) supposons $a_1 \neq 0$. Alors le développement $1 : f(s) = \Sigma b_n n^{-s}$ existera et le nombre $k = \limsup \log |b_n| : \log n$ est fini. Je vais montrer :

Théorème II. — *Pour $f(s)$* on a

$$N\left(\frac{1}{2} + k + \delta, \omega\right) < \omega^{1-2\delta+\varepsilon} + \omega^{1-4\delta(k+\delta)+\varepsilon}, \tag{3}$$

*où, pour $\delta > 0$ fixe,* $\lim\limits_{\omega=\infty} \varepsilon = 0$.

*Remarque.* — Soit $g(s) = \Sigma \alpha_n n^{-s}$ convergente pour $\sigma > 0$, $a$ un nombre quelconque différent de $\lim\limits_{\sigma=\infty} g(\sigma)$. L'inégalité (3) peut être appliquée au nombre de racines de l'équation $g(s) - a = 0$. $g$ restant fixe, le nombre $k$ variera avec $a$. Il peut arriver que notre théorème ne donnera rien de nouveau pour certaines valeurs de $a$, par exemple si la bande envisagée tombe à l'intérieur du demi-plan où $g$ reste bornée.

*Démonstration.* — Posons, $z$ désignant un nombre positif,

$$A(s)=\sum_{1}^{z} b_n n^{-s}; \qquad F(s)=A(s)f(s)=1+\sum_{z+1}^{\infty} c_n n^{-s}; \qquad s_x(\sigma)=\sum_{x}^{\infty} c_n n^{-\sigma}.$$

A tout $\varepsilon > 0$, $\eta > 0$ on peut faire correspondre un $z_0$ tel que, pour $z < z_0$ et pour $\sigma > \eta$,

$$|c_n| < n^{\varepsilon} z^k; \quad |s_x(\sigma)| < x^{\varepsilon-\sigma} z^{k+1} \text{ pour } n > z, \quad x > z.$$

*Premier cas : $k+\delta \leqq \frac{1}{2} + \eta$.* — Posons $\left(\eta > 0 \text{ arbitrairement petit}, \eta < \frac{1}{2}\right)$ :

$$\delta \geqq \eta; \quad 2k+2\delta-\eta \leqq \gamma \leqq 1+\eta; \quad z=\omega^{2k+2\delta}; \quad r=\omega z.$$

Cherchons des limites supérieures des intégrales

$$\int_{-\omega}^{\omega} m^{\tau i} \sum_{z+1}^{n-1}{}' c_n n^{-\gamma-\tau i}\,d\tau; \qquad \int_{-\omega}^{\omega} m^{\tau i} \sum_{n}^{m-1} c_n n^{-\gamma-\tau i}\,d\tau; \qquad \int_{-\omega}^{\omega} m^{\tau i} \sum_{\rho}^{\infty} c_n n^{-\gamma-\tau i}\,d\tau,$$

où $\rho \geqq n$, $\rho > m$ et, dans la première intégrale, $n \neq m$. En intégrant terme à terme, dans la première intégrale directement, dans les deux dernières après une sommation partielle faite à l'aide de la fonction sommatrice $s_x(\gamma)$, on trouvera la borne supérieure $\omega^{1-(2k+2\delta)(k+2\delta)k+10\eta+\varepsilon}$. En posant

$$\mathcal{G}(s)=F(s)-1, \qquad \overline{\mathcal{G}}(s)=\sum_{z+1}^{\infty} \bar{c}_n n^{-s},$$

on en tirera

$$\left|\int_{-\omega}^{\omega} \mathcal{G}(\gamma+\tau i)\,\overline{\mathcal{G}}(1+\eta-\tau i)\,d\tau\right| < \omega^{1-4\delta(k+\delta)+10\eta+\varepsilon}.$$

Considérons l'intégrale $\int \mathcal{G}(s)\overline{\mathcal{G}}(1+\eta+\gamma-s)\,ds$ prise suivant le rectangle qui a pour sommets $\gamma \pm \omega i$, $\frac{1+\gamma+\eta}{2} \pm \omega i$. Un calcul simple donnera

$$(4) \qquad \int_{-\varpi}^{\omega} |F(\sigma+\tau i)-1|^2\,d\tau < \omega^{1-4\delta(k+\delta)+10\eta+\varepsilon}$$

uniformément pour $\frac{1}{2}+k+\delta \leqq \sigma \leqq 1+\eta$. Le nombre $\delta$ et par suite la fonction F restant fixes, l'inégalité (4) sera valable aussi pour $\sigma > 1+\eta$. En effet, les séries étant absolument convergentes, on peut approximer directement

$$(5) \qquad \int_{-\omega}^{\omega} |F(\sigma+\tau i)-1|^2\,d\tau = 2\omega\Sigma|c_n|^2 n^{-2\sigma} = \Sigma\Sigma c_n \bar{c}_m (mn)^{-\sigma} \int_{-\omega}^{\omega} \left(\frac{m}{n}\right)^{\tau i} d\tau.$$

*Deuxième cas :* $k+\delta > \frac{1}{2}+\eta$. — Alors, dans la définition de $F(s)$, on doit prendre $z=\omega$. En évaluant les séries entrant dans (5) on aura

$$\int_{-\omega}^{\omega} |F(\sigma+\tau i)-1|^2 d\tau < \omega^{1-2\delta+2}, \tag{6}$$

uniformément pour $\sigma \geqq \frac{1}{2}+k+\delta$.

Il existe un nombre $h$ tel que $|F(\sigma+\tau i)| \geqq B > 0$ pour $\sigma \geqq h$ et pour toute valeur réelle de $\tau$ ($h$ et B indépendants de $\omega$). Soient $\eta_0$ un nombre positif arbitrairement petit, $\alpha$ un nombre réel, H le domaine

$$\alpha+\delta-\eta_0 \leqq \sigma \leqq 2h+\frac{1}{\eta_0}; \quad |\tau| \leqq \omega+h+\frac{2}{\eta_0}.$$

Alors (C désignant une constante dépendant de $\eta_0$ mais non pas de $\omega$)

$$N(\alpha+\delta,\,\omega) < C\int\!\!\int_H |F(\sigma+\tau i)-1|^2 d\sigma\, d\tau, \tag{7}$$

N se rapportant aux zéros de $F(s)$ (voir les Notes de MM. Bohr et Landau). En tenant compte des inégalités (4) et (6), on en déduira (3).

Le théorème II ne s'applique pas directement à $\zeta(s)$, cette fonction ayant un pôle dans $s=1$. Il est facile de s'affranchir de cette difficulté. On peut, par exemple, poser

$$Ft(s)=\sum_{1}^{z}\mu(n)n^{-s}; \qquad F(s)=1+(1-2^{1-s})[A(s)\zeta(s)-1]=1+\sum_{z+1}^{\infty}c_n n^{-s}.$$

Toutes les approximations précédentes restent valables, en particulier l'inégalité (4) où doit être posé $k=0$. On a seulement à éliminer, dans l'intégrale double (7), le facteur $(1-2^{1-s})$ de $F-1$ pour arriver à l'approximation de N énoncée dans le théorème I.

MÉCANIQUE. — *Cause de la fréquence des ruptures de rails dans leurs extrémités éclissées.* Note de M. **Charles Frémont**, présentée par M. A. Rateau.

Les ruptures des rails de chemins de fer sont beaucoup plus fréquentes à leurs extrémités éclissées que dans le reste de la barre; or, si les ruptures étaient également réparties dans toute la longueur du rail, il n'y en aurait qu'une aux joints pour 20 ou 30 entre les éclisses.

En outre, pour la majeure partie des ruptures en plein rail, on en trouve l'explication par l'existence de la fragilité du métal et presque toujours par la présence de la retassure du lingot initial, tandis que pour les ruptures dans l'éclissage on constate assez souvent que l'acier est de qualité moyenne.

A l'examen de ces ruptures dans l'éclissage, on constate des fissures multiples, anciennes et progressives; les unes à la périphérie des trous de boulons et les autres aux congés du champignon et du patin; elles sont toutes bien connues des agents des chemins de fer.

Une étude de ces fissures m'a permis d'en donner l'explication suivante :

La discontinuité du rail au joint éclissé constitue un point de moindre résistance et, pour une charge donnée, occasionne une flexion élastique du rail plus grande en ce point que dans le reste de la barre; par conséquent la chute de la roue y est aussi plus grande et le choc plus intense, ainsi que le perçoit bien le voyageur.

Ce choc produit un effort maximum instantané dont la distribution, au lieu d'être répartie également dans toute la masse métallique du rail, est plus ou moins localisée par suite de la discontinuité. Tantôt le choc agit plus fortement sur un boulon et l'effort est en partie localisé à la périphérie du trou sur un arc de l'intrados correspondant; parfois, c'est l'éclisse dont l'arête intérieure, en contact avec le congé du champignon et avec celui du patin recevant le choc, en localise l'effort sur des points de ces deux lignes, dans une direction parallèle à l'axe longitudinal du rail.

En résumé, le choc de la roue, beaucoup plus intense au joint éclissé qu'en plein rail, par suite d'une plus grande flexion élastique, produit une plus grande quantité de travail dont la distribution, au lieu d'être répartie également, est localisée sur des portions de volume restreint; l'effort par unité élémentaire est ainsi beaucoup plus élevé et dépasse localement la limite d'élasticité.

On sait que des efforts réitérés dans ces conditions détériorent le métal, des fissures naissent et se propagent de grain à grain, d'autant plus facilement que le métal est fragile et contient des impuretés, notamment des inclusions non métalliques, et d'autant plus rapidement que l'effort résultant du choc est plus élevé et plus souvent réitéré.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'expérience de Perrot relative au mouvement de rotation de la Terre.* Note de M. **Joseph Rey**, présentée par M. Rateau.

D'après Perrot (¹) lorsque, à partir d'un état de repos initial, un liquide s'écoule par un orifice pratiqué en mince paroi au centre du fond d'un récipient cylindrique, les molécules superficielles du liquide glissent d'abord vers la verticale de l'orifice en décrivant des trajectoires infléchies à droite du sens de leur mouvement; puis ces mêmes molécules tournent autour de la verticale de l'orifice, conformément aux conséquences théoriques de la rotation terrestre.

Des conclusions de Perrot, Babinet (²) tira des conséquences importantes pour l'hydrodynamique fluviale, conséquences qu'il maintint malgré les calculs critiques de Joseph Bertrand (³).

D'après F. Laroque (⁴), le mouvement giratoire observé par Perrot n'est pas dû à un effet immédiat du mouvement diurne de la Terre.

La plupart des auteurs modernes reproduisent dans leurs Traités de Mécanique ou d'Hydraulique les conclusions de Perrot, sans tenir aucun compte des conclusions formellement contradictoires de Laroque; et de nombreux géo-physiciens (⁵) expliquent divers phénomènes d'érosion fluviale en partant des remarques de Babinet fondées sur les conclusions de Perrot.

Sur le conseil de M. Camichel, nous avons repris, en vue d'une conclusion définitive, les expériences de Perrot et de Laroque. Nous nous sommes entouré de quelques précautions élémentaires destinées à permettre l'écoulement de l'eau, à partir d'un état de repos initial, à l'abri de tout choc perturbateur et de toute action thermique localisée.

Nos premiers essais ont porté sur une masse d'eau de $25^{kg}$ environ, s'écoulant par un orifice en mince paroi, de $5^{mm}$ de diamètre, percé au centre du fond d'un récipient *cylindrique*, en zinc, de $45^{cm}$ de diamètre. *Nous n'avons constaté aucun mouvement giratoire de la masse liquide.*

---

(¹) Perrot, *Comptes rendus*, t. 49, 1859, p. 637.
(²) Babinet, *Comptes rendus*, t. 49, 1859, p. 638.
(³) J. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 49, 1859, p. 658; — Babinet, *Ibid.*, p. 659.
(⁴) F. Laroque, *Comptes rendus*, t. 51, 1860, p. 758.
(⁵) B. et J. Brunhes, *Association française pour l'avancement des Sciences*, 1904, p. 487.

Dans une seconde série d'essais nous avons opéré sur une masse d'eau de $4^t$ environ, contenue dans une cuve en fer formée de tôles assemblées à angles droits, et ne présentant ni plan, ni centre de symétrie. L'orifice d'écoulement, de $4^{cm}$ de diamètre, pratiqué dans le fond de la cuve pour une première expérience, a été reporté, dans une autre expérience, à $20^{cm}$ environ au-dessus du fond. *Tant que la charge au-dessus de l'orifice d'évacuation a été de l'ordre de* $15^{cm}$ *d'eau, nous n'avons constaté aucun mouvement giratoire* (ni aucun mouvement de translation) *superficiel.* Lorsque la charge s'est abaissée au-dessous de $15^{cm}$, nous avons observé des mouvements tourbillonnants, très localisés, tantôt dextrorsum, tantôt sinistrorsum, susceptibles de s'inverser, de s'accélérer, de se retarder en une même région : nous attribuons ces mouvements giratoires à la présence de dissymétries sur le fond et sur les parois de la cuve.

Dans toutes nos expériences (récipient en zinc et cuve en fer), *les trajectoires des molécules superficielles vers l'orifice d'écoulement ont été rigoureusement rectilignes* pendant toute la durée de l'aspiration, qui commence à l'instant où la charge de l'orifice est suffisamment faible, et qui se poursuit jusqu'au moment où l'écoulement prend fin. Le détail de ces expériences sera publié prochainement, accompagné de photographies.

Nous estimons que les conclusions de Perrot sont erronées et que l'appréciation de Laroque sur ces conclusions est pleinement confirmée par nos recherches.

On peut d'ailleurs aisément calculer que l'intensité de la composante horizontale de la force centrifuge composée due au mouvement diurne, est, par 45° de latitude, de l'ordre du cent-millième de l'intensité de la pesanteur, lorsque la force centrifuge composée s'exerce sur un mobile animé d'une vitesse apparente de l'ordre du mètre par seconde. Il semble évident, *a priori*, que les frottements intérieurs des liquides en mouvement doivent masquer les effets théoriques de la rotation terrestre.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique Tempel II, faites à l'Observatoire de Bordeaux (équatorial de* $0^m,38$). Note de M. **H. Godard**, présentée par M. Bigourdan.

| Dates. 1920. | ★. | ✶ — ★. ΔƦ. | ΔP. | Nombre de comp. | Gr. |
|---|---|---|---|---|---|
| Juillet 24.... | 1 | +0.59,99 (m s) | +5.13,3 (′ ″) | 24: 6 | 11,0 |
| » 25.... | 2 | +0.44,10 | +1.34,4 | 24:12 | » |
| » 27.... | 3 | —1.36,65 | +1.19,3 | 16: 4 | » |

*Positions apparentes de la comète.*

| Dates. 1920. | Temps moyen de Bordeaux. | Ascens. droite apparente. | Log. fact. parallaxe. | Dist. polaire apparente. | Log. fact. parallaxe. |
|---|---|---|---|---|---|
| | h m s | h m s | | ° ′ ″ | |
| Juillet 24... | 13.42.13,7 | 2. 2.11,09 | $\bar{1},574_n$ | 91.26. 3,7 | $0,801_n$ |
| » 25... | 14.35.18,7 | 2. 4.31,78 | $\bar{1},502_n$ | 91.29. 2,1 | $0,803_n$ |
| » 27... | 14.45.13,5 | 3. 8.55,58 | $\bar{1},478_n$ | 91.35.25,4 | $0,805_n$ |

*Positions des étoiles de comparaison.*

| ⋆. | Gr. | Ascens. droite moyenne. | Réduction au jour. | Dist. polaire moyenne. | Réduction au jour. | Autorités. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h m s | s | ° ′ ″ | ″ | |
| 1.... | 8,3 | 2. 1. 8,60 | +2,47 | 91.21. 5,1 | −15,3 | Cat. Abbadia (zone phot. d'Alger), n° 979 |
| 2.... | 9,2 | 2. 3.45,20 | +2,48 | 91.27.42,9 | −15,3 | Cat. phot. Alger { −1°, $2^h4^m$, ét. 70; −2°, $2^h0^m$, ét. 105 } |
| 3.... | 8,3 | 2.10.29,73 | +2,50 | 91.34.21,2 | −15,2 | Cat. Abbadia (zone phot. d'Alger), n° 1047 |

*Remarques.* — Le 24 juillet, la comète est une nébulosité ronde de 40″ de diamètre environ, avec condensation légèrement excentrée; — le 25, observation gênée par les nuages; — le 27, ciel voilé de cirrus; la comète est très peu visible; pointés difficiles.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les symétries du champ électromagnétique et gravifique.* Note de M. **A. Buhl**, transmise par M. P. Appell.

M. Th. de Donder vient de publier une *Théorie du champ électromagnétique de Maxwell-Lorentz et du champ gravifique d'Einstein* (1920, Gauthier-Villars) qui semble donner une forme définitive à la partie analytique de la question. Il est d'ailleurs difficile de faire de ce beau travail un plus vif éloge que celui venu de M. Joseph Larmor (*Times*, 7 janvier 1920).

Sans y rien ajouter, je voudrais montrer qu'à l'aide de divers procédés, employés dans mes recherches sur la formule de Stokes et ses extensions, on peut donner aux résultats de M. de Donder un aspect qui en fait encore mieux ressortir l'admirable symétrie.

Soit

$$2\mathrm{I} = \left|\begin{array}{cc|cc} \partial_1 x_1 & \partial_2 x_1 & \mathrm{M}_{1\omega} & 1 \\ \partial_1 x_2 & \partial_2 x_2 & \mathrm{M}_{2\omega} & 2 \\ \partial_1 x_3 & \partial_2 x_3 & \mathrm{M}_{3\omega} & 3 \\ \partial_1 x_4 & \partial_2 x_4 & \mathrm{M}_{4\omega} & 4 \end{array}\right|.$$

On calculera cette expression en formant d'abord les mineurs de mêmes

lignes

$$(1)\qquad \begin{vmatrix} \delta_1 x_i & \delta_2 x_i \\ \delta_1 x_j & \delta_2 x_j \end{vmatrix}, \qquad \begin{vmatrix} M_{i\omega} & i \\ M_{i\omega} & j \end{vmatrix} = M_{ij} - M_{ji} = 2\,M_{ij},$$

dont le second est d'un symbolisme immédiatement compréhensible. Les déterminants tels que ce second mineur ne sont pas forcément nuls quand ils ont deux colonnes identiques puisque $ij$ diffère de $ji$. En ajoutant, toujours positivement, les six produits de mineurs (1), on définit $2\mathrm{I}$.

Soit encore l'expression

$$-2\sqrt{-g}\,\mathrm{I}^\star = \left|\begin{array}{cc|cccc|cc} \delta_1 x_1 & \delta_2 x_1 & 11 & 21 & 31 & 41 & M_{1\omega} & 1 \\ \delta_1 x_2 & \delta_2 x_1 & 12 & 22 & 32 & 42 & M_{2\omega} & 2 \\ \delta_1 x_3 & \delta_2 x_3 & 13 & 23 & 33 & 43 & M_{3\omega} & 3 \\ \delta_1 x_4 & \delta_2 x_4 & 14 & 24 & 34 & 44 & M_{4\omega} & 4 \end{array}\right|.$$

Elle est déduite de $2\mathrm{I}$ en y intercalant le déterminant $g$ des potentiels gravifiques $g_{ik} = g_{ki}$, remplacés plus commodément par $-ik$. Le second membre de la nouvelle égalité est, par définition, la somme des six produits dont chacun a pour facteurs un premier mineur (1) et un déterminant (cf. Th. de Donder, *loc. cit.*, p. 13):

$$-2\sqrt{-g}\,M^\star_{ij} = \begin{vmatrix} i1 & j1 & M_{1\omega} & 1 \\ i2 & j2 & M_{2\omega} & 2 \\ i3 & j3 & M_{3\omega} & 3 \\ i4 & j4 & M_{4\omega} & 4 \end{vmatrix}.$$

Ceci posé, on peut écrire les équations du champ électromagnétique de Maxwell-Lorentz plongé dans le champ gravifique d'Einstein; elles forment deux groupes de quatre équations qui peuvent tous deux se résumer dans l'unique Tableau

$$(2)\qquad \left|\begin{array}{c||ccc} 2\rho V_{x_1} & \dfrac{\partial}{\partial x_1} & 1 & M_{1\omega} \\ 2\rho V_{x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & 2 & M_{2\omega} \\ 2\rho V_{x_3} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} & 3 & M_{3\omega} \\ 2\rho & \dfrac{\partial}{\partial x_4} & 4 & M_{4\omega} \end{array}\right|.$$

Ce Tableau a exactement la structure d'un déterminant. On en tire les quatre équations du premier groupe en égalant les termes de la première colonne à leurs mineurs pris avec les alternances de signe habituelles; le

double trait tient, si l'on veut, la place de quatre signes $=$. Quant aux équations du second groupe, on les obtient en remplaçant, dans (2), les termes de la première colonne par des zéros et les M de la quatrième par des $M^*$.

Passons maintenant aux *identités fondamentales*. Elles se résument en ce que la somme, multipliée par $\sqrt{-g}$, des formes

$$[(DI)^* I]^* = F_1\,\delta x_1 + F_2\,\delta x_2 + F_3\,\delta x_3 + F_4\,\delta x_4,$$
$$[(DI^*)^* I^*]^* = G_1\,\delta x_1 + G_2\,\delta x_2 + G_3\,\delta x_3 + G_4\,\delta x_4,$$

peut s'écrire (*loc. cit.*, p. 24)

$$\underset{*}{\pm}\frac{1}{2}\begin{vmatrix} \delta x_1 M^*_{1\omega}\dfrac{\partial}{\partial x_1} & 1 & M_{1\omega} & 1 \\ \delta x_2 M^*_{2\omega}\dfrac{\partial}{\partial x_2} & 2 & M_{2\omega} & 2 \\ \delta x_3 M^*_{3\omega}\dfrac{\partial}{\partial x_3} & 3 & M_{3\omega} & 3 \\ \delta x_4 M^*_{4\omega}\dfrac{\partial}{\partial x_4} & 4 & M_{4\omega} & 4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \delta x_1 & \dfrac{\partial}{\partial x_1} & M^*_{\omega 1} & M_{\omega 1} \\ \delta x_2 & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & M^*_{\omega 2} & M_{\omega 2} \\ \delta x_3 & \dfrac{\partial}{\partial x_3} & M^*_{\omega 3} & M_{\omega 3} \\ \delta x_4 & \dfrac{\partial}{\partial x_4} & M^*_{\omega 4} & M_{\omega 4} \end{vmatrix}.$$

Il y a là trois déterminants. Le premier correspond au $+$ du $\pm$, le second au $-$, à condition, dans ce second déterminant, de reporter les astérisques des M de la première colonne aux M de la troisième, ce qui est indiqué par l'astérisque placé sous le signe moins. Quant au troisième déterminant, on le calculera en remplaçant $\omega$ par $i$ dans le mineur de $dx_i$.

Il est à peine besoin de dire que ces symétries de déterminants, si remarquables pour le champ à la fois électrique, magnétique et gravifique, ne peuvent être considérées comme fortuites. Elles sont dues aux invariants intégraux de l'Univers. Les formes intégrales employées par M. de Donder, ou les différentielles symboliques de MM. Goursat et Cartan, ont l'analyse des expressions engagées sous des intégrales multiples et cette analyse est celle de déterminants jacobiens.

Ici, pour retrouver de telles symétries, nous avons eu recours à deux espèces de symbolismes.

D'abord à celui qui, dans de véritables déterminants, remplace les termes d'une ligne ou d'une colonne par des opérateurs de dérivation; il est bien connu et transforme notamment les moments en tourbillons. Le second symbolisme, concernant les indices $\omega$, est moins employé mais fort

loin d'avoir été créé ici. On le rencontre, par exemple, dans l'expression de volumes tournants étudiés par M. G. Kœnigs (¹).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence du molybdate d'ammonium sur le pouvoir rotatoire de l'acide malique.* Note (²) de M. E. **Darmois**, présentée par M. Haller.

Les acides tartrique et malique possèdent, en solution dans l'eau, un pouvoir rotatoire relativement faible, d'ailleurs variable avec la concentration. Dans des recherches assez étendues (³), Gernez a montré qu'on augmentait, dans des proportions considérables, le pouvoir rotatoire des solutions en leur ajoutant certains sels minéraux tels que les molybdates et tungstates alcalins. Il attribua cette forte augmentation de l'activité optique à la formation, au sein des solutions, de composés nouveaux résultant de l'addition de l'acide et du sel. Ces recherches ont été continuées dans différentes directions (⁴); à ma connaissance, on n'a retiré jusqu'à ce jour de ces solutions aucun composé défini. J'ai eu l'occasion d'étudier à nouveau les mélanges d'acide malique et de molybdate d'ammonium, et j'ai réussi à isoler dans ces mélanges un composé cristallisé dont le pouvoir rotatoire est suffisant pour expliquer l'accroissement d'activité constaté par l'expérience.

Les mélanges d'acide malique (*l*-malique) et du molybdate ordinaire d'ammonium ont été étudiés par Gernez en 1889 (⁵). Il opère de la façon suivante : dans un volume constant ($12^{cm^3}$) il dissout : 1° un poids constant ($1^g,117$) d'acide malique ; 2° un poids P variable ($0^g$ à $6^g,4$) de molybdate. Pour chacune des solutions obtenues, il mesure la rotation $\alpha$ (raie D) sous une longueur constante ($1^{dm},057$). Pour les faibles poids de molybdate, les rotations obtenues sont gauches avec un maximum pour $P = 0,57$. Pour les poids plus élevés, elles deviennent droites et très grandes, elles peuvent atteindre 360 fois (en valeur absolue) la valeur qu'on devrait attendre si l'acide malique était seul en solution. J'étudierai seulement ici les solutions correspondant à ces rotations droites. J'ai représenté sur la figure ci-contre ces rotations en fonction de P (courbe I de la figure). La rotation augmente d'abord rapidement avec P, puis

(¹) Cf. A. Buhl, *Bulletin des Sciences mathématiques,* 1915. — *Géométrie et analyse des intégrales doubles* (*Collection Scientia,* Gauthier-Villars, 1920, p. 26).

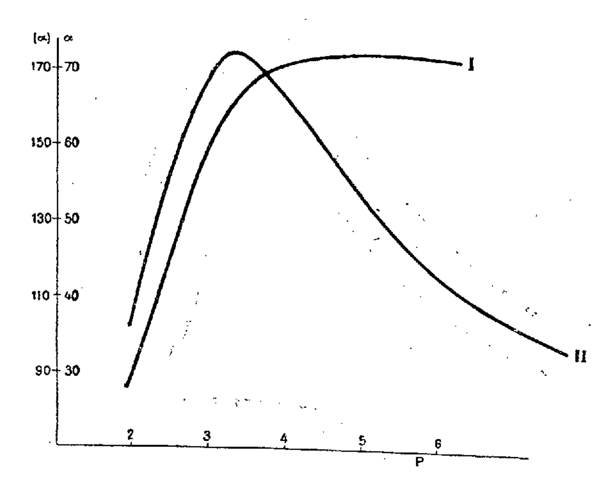
(²) Séance du 26 juillet 1920.

(³) Voir *Comptes rendus* et *Journal de Physique* (1887 à 1891).

(⁴) Voir en particulier : Rosenheim et Itzig, *Ber.*, t. **33**, 1900, p. 707 ; Klason, *Ber.*, t. **34**, 1901, p. 153.

(⁵) *Comptes rendus,* t. **109**, 1889, p. 151.

devient presque constante. La courbe présente une cassure très nette vers $P = 3^g,80$ et $\alpha = 71°,8$ ; à partir de ce point, la rotation ne varie plus que très lentement; la courbe est très aplatie, un maximum de rotation égal à $72°,8$ a lieu pour une valeur




de P assez incertaine. Gernez admet que l'acide malique et le molybdate donnent plusieurs combinaisons moléculaires et que, en particulier, quand on observe le maximum de rotation, la solution contient la combinaison $C^4H^6O^5 + Mo^7O^{24}Am^6 + 4H^2O$ dont les proportions correspondent à peu près à $P = 5,15$.

La conclusion de Gernez me semble reposer sur deux hypothèses : 1° le maximum de rotation de la solution correspond à la présence dans cette solution d'*une* combinaison définie; 2° la composition de cette combinaison est la même que celle de la solution. Dans les idées actuelles, il semblerait plus naturel de chercher le composé défini aux environs de la rotation correspondant à la cassure dans la courbe. On peut, par un raisonnement simple, prévoir un autre mode d'utilisation des résultats de Gernez. Si l'acide et le sel se combinent pour former un seul composé et si, pour une solution donnée, les deux composants sont *complètement* combinés, la solution renferme à ce moment le composé seul. Soient $p$ son poids (poids total des composants) dans $100^{cm^3}$, $(\alpha)$ son pouvoir rotatoire; on a $(\alpha) = \frac{\alpha}{lp}$. Il est alors indiqué de former les quotients $\frac{\alpha}{lp}$ et de chercher s'ils suivent une marche régulière; j'ai représenté ces quotients en fonction de P; on obtient ainsi la courbe II de la figure. L'échelle de II a été réduite convenablement. $(\alpha)$ passe par un maximum très net pour $P = 3,005$ correspondant à $(\alpha) = 175,2$ (raie D). J'ai repris les expériences de Gernez et fait des mesures pour trois raies du mercure : jaune ($0^\mu,577$), verte (0,546),

indigo (0,436); j'ai retrouvé des résultats exactement analogues. Le maximum de (α) pour la raie jaune est 186°,0.

J'ai cherché alors à faire cristalliser les solutions ayant la composition voisine de celle du maximum de (α). Ces solutions déposent toutes : 1° d'abord des cristaux très petits, inactifs, constitués par un molybdate d'ammonium peu soluble; 2° un autre corps beaucoup plus soluble, en beaux cristaux transparents, atteignant un développement notable, qu'on peut purifier par une nouvelle cristallisation dans l'eau et qui est *très actif*. J'ai étudié son pouvoir rotatoire, dans les solutions aqueuses, pour des concentrations allant de 0,4 à 40, et pour les trois raies ci-dessus. Pour une raie donnée (jaune par exemple), ce pouvoir rotatoire est constant (au $\frac{1}{200}$ près) de $C = 7$ à $C = 40$; il est $+219°$ pour la raie jaune du mercure. On voit que ce composé a une activité nettement supérieure à celle que ferait prévoir l'étude de la solution. Il est vraisemblable qu'il est accompagné, dans la solution à (α) maximum, par d'autres corps de pouvoir rotatoire plus faible. Le fait de l'obtention simultanée de ce corps et d'un molybdate différent du molybdate ordinaire montre qu'il s'agit d'une réaction certainement plus compliquée que ne le supposaient Gernez et ses continuateurs. Je poursuis l'étude de la question.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Similitudes d'aspect micrographique existant aux divers états, entre les alliages fer-carbone (aciers), cuivre-étain (bronzes d'étain), cuivre-zinc (laitons) et cuivre-aluminium (bronzes d'aluminium).* Note [1] de M. **A. Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons montré antérieurement la similitude d'aspect micrographique obtenu par revenu après trempe des alliages hypoeutectiques Fe-C, Cu-Sn, Cu-Zn, Cu-Al [2]. Il est intéressant de voir si l'on peut arriver à trouver les mêmes analogies dans les divers traitements thermiques pour ceux de ces alliages qui présentent, au point de vue constitution, le caractère commun de former une solution solide existant à chaud et donnant naissance à un eutectoïde lors du refroidissement.

---

(1) Séance du 2 août 1920.

(2) *Sur le revenu des bronzes d'aluminium* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 511); *Sur le revenu et le recuit après trempe des alliages cuivre-étain et cuivre-zinc* (*Ibid.*, t. 158, 1914, p. 1174); *Effets du revenu sur la structure micrographique des aciers hypoeutectoïdes et des alliages de constitution similaire* (*Rev. Mét.*, t. 16, 1919, p. 141).

Rappelons que pour les aciers (alliages fer-carbone) on note, dans l'ordre décroissant des vitesses de refroidissement, les constituants suivants :

*Austénite.* — Solution solide stable à haute température, non transformée pendant le refroidissement, et formée, comme toute phase unique, de grains cristallins juxtaposés.

*Martensite.* — Résultant d'une transformation du précédent, et en général caractérisée par une structure aiguillée ou en fers de lance.

*Troostite.* — Agrégat ultramicroscopique, caractérisé par sa colorabilité aux réactifs supérieure à celle des autres constituants, et pouvant s'obtenir également sous le nom de *sorbite* par réchauffage ou revenu des deux précédents constituants.

*Perlite.* — Agrégat eutectoïde résoluble au microscope, se présentant sous deux variétés : en un conglomérat d'aspect lamellaire (perlite lamellaire) ou d'aspect granulaire (perlite granulaire). Cette dernière résultant, soit d'un refroidissement plus lent que celui aboutissant à la perlite lamellaire, soit de la coalescence de la perlite lamellaire par séjour prolongé à une température inférieure à la température eutectoïde, mais assez voisine.

1° *Pour les bronzes d'étain* (alliages cuivre-étain), les états austénitique et martensitique ont été observés : ce sont les constituants dénommés β et « β strié » par Heycock et Neville; la colorabilité plus grande, sans résolution au microscope, caractérisant la troostite, ne peut guère se remarquer nettement que par revenu des précédents; l'eutectoïde se présente toujours habituellement à l'état granulaire (constituant « δ complexe » d'Heycock et Neville), mais nous avons pu observer conjointement les deux aspects lamellaire (voir *fig.* 1) et granulaire.

2° *Pour les bronzes d'aluminium* (alliages cuivre-aluminium), l'état austénitique ne peut guère s'obtenir que par trempe, à partir de l'état liquide, des bronzes d'aluminium spéciaux; l'état martensitique a été mentionné par divers auteurs (Breuil, Guillet, Campbell et Mathews, etc.); l'état troostitique, très colorable, par Robin, qui a fait remarquer l'analogie de cet alliage avec les aciers. Les deux aspects de l'eutectoïde existent comme nous l'avons montré en signalant l'aspect lamellaire obtenu dans certains cas [1].

3° *Les laitons* (alliages cuivre-zinc). — L'état trempé correspondant à la trempe à l'eau de petits échantillons est l'état austénitique, c'est le constituant β du diagramme; par contre, par refroidissement lent ordinaire, l'eutectique est irrésoluble au microscope, et l'on obtient le même aspect

[1] *Intern. Zeitsch. für Metallographie*, t. 4, 1913, p. 257.

que précédemment avec une plus grande colorabilité aux réactifs, c'est l'état troostitique, le « β apparent » de Carpenter et Edwards. La visibilité

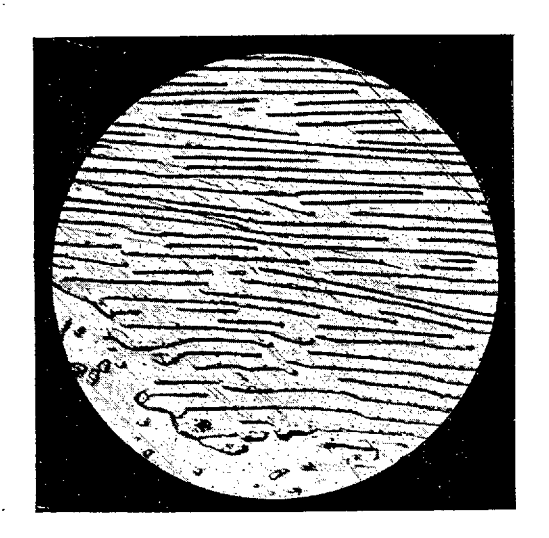


Fig. 1. — × 1000.

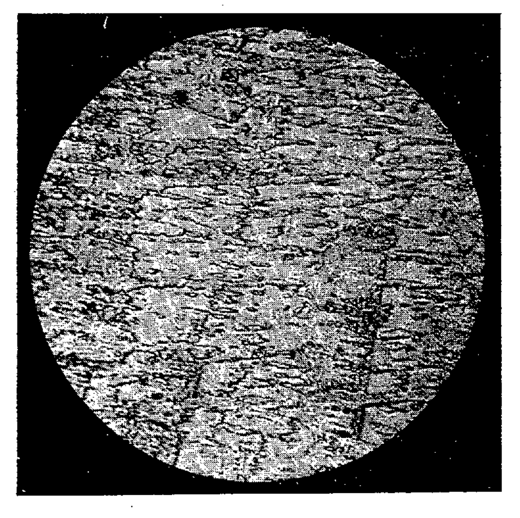


Fig. 2. — × 600.

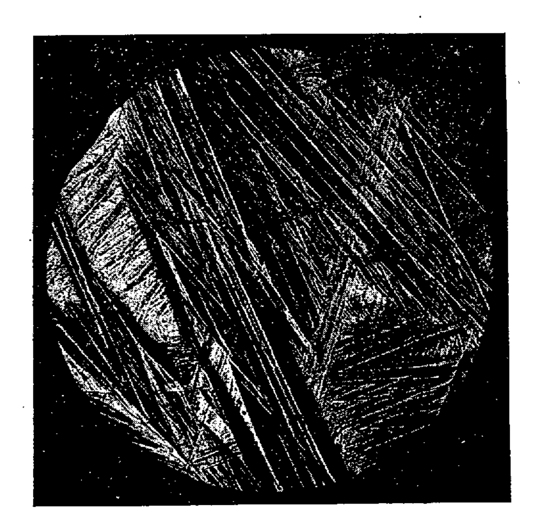


Fig. 3. — × 60.

au microscope des constituants de l'eutectoïde n'a pu être obtenue par ces derniers auteurs qu'au moyen de chauffages très prolongés au-dessous de la température eutectoïde, en amorçant la naissance des constituants par

contact avec un échantillon de laiton spécial renfermant $\alpha$ et $\gamma$ séparés. Il nous manque donc dans la série l'eutectoïde et l'aspect martensitique.

*a*. Nous avons obtenu la résolution directe de l'eutectoïde sous un aspect plutôt lamellaire par refroidissement très lent (durée 75 heures depuis l'état liquide jusqu'à 300°), c'est ce que représente la figure 2 [1].

Si l'on admet que les grosseurs respectives des éléments proeutectiques et des éléments eutectiques varient dans les mêmes proportions lorsqu'on modifie la rapidité du refroidissement, cela conduit à assigner aux éléments eutectiques des laitons coulés en pièces moyennes, une épaisseur dont l'ordre de grandeur est compris entre 0,1 et 0,01 $\mu$ et par suite comparable à celui des particules des solutions colloïdales.

*b*. Quant à l'aspect martensitique en aiguilles ou en fers de lance, on sait que dans les aciers, en raison du changement de volume qui accompagne la transformation austénite → martensite, l'aspect martensitique peut se voir à la surface des échantillons préalablement polis en raison des reliefs produits. Or c'est ce que nous avons constaté avec M. Philippon sur un échantillon de laiton à l'aluminium trempé, et il a été aussi possible de révéler cette structure par attaque (*fig*. 3).

Nous nous sommes attachés ici à faire ressortir uniquement les similitudes, mais il serait dangereux ou tout au moins prématuré d'aller plus loin dans cette voie de généralisation sur cette simple constatation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation catalytique par les corps non saturés (huiles, carbures, etc.)*. Note de MM. **J. Bougault** et **P. Robin**, présentée par M. Em. Bourquelot.

C'est un fait d'expérience bien connu que les huiles non saturées ont la propriété d'absorber l'oxygène; cette absorption est accompagnée d'un dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène, dont la quantité est d'ailleurs très inférieure à celle de l'oxygène absorbé [2]. La plupart des composés organiques non saturés jouissent des mêmes propriétés; certains,

---

[1] Le professeur Carpenter auquel une microphotographie de l'échantillon avait été envoyée est aussi d'avis que l'on est bien en présence de l'eutectoïde résolu au cours du refroidissement.

[2] Parmi les nombreux auteurs qui ont étudié ces phénomènes, nous citerons particulièrement : De Saussure, *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, t. 49, 1832, p. 225. — Chevreul, *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, t. 47, 1856. — Cloëz, *Comptes rendus*, t. 61, 1865, p. 321 et 981. — Marcellin Berthelot, *Ann. Chim. Phys.*, plusieurs Mémoires en 1860 et années suivantes.

comme l'essence de térébenthine, à un haut degré. Marcellin Berthelot a montré, de plus, que ce dernier composé pouvait, non seulement s'oxyder pour son propre compte, mais jouer le rôle d'intermédiaire (de catalyseur) dans l'oxydation d'autres corps relativement stables à l'air (l'indigo, l'acide pyrogallique, etc.). Toutefois les produits de ces oxydations n'ont pas été isolés ni caractérisés.

I. Au cours de recherches sur le sulfure d'éthyle dichloré (ypérite) $S(CH^2CH^2Cl)^2$, nous avons eu l'occasion d'observer l'oxydation très régulière de ce corps, par l'intermédiaire des huiles non saturées (olive, coton, lin, ricin, œillette, foie de morue).

Si l'on dissout, par exemple, 1$^g$ d'ypérite dans 3$^g$ d'huile d'œillette, et qu'on abandonne la solution au contact de l'air, on obtient au bout de 12 à 15 jours des lamelles cristallines, qui ne sont autre chose que le sulfoxyde

$$SO(CH^2.CH^2Cl)^2$$

correspondant au sulfure employé. Il y a donc eu fixation d'oxygène par l'intermédiaire de l'huile d'œillette

$$S(CH^2.CH^2Cl)^2 + O = SO(CH^2.CH^2Cl)^2,$$

car l'ypérite ne subit pas cette oxydation, ni à l'état pur, ni en solution dans une huile saturée (huile de vaseline).

L'essence de térébenthine, substituée à l'huile dans l'expérience précédente, réalise la même oxydation avec une plus grande rapidité; voici une expérience :

Nous avons dissous 50$^g$ d'ypérite dans 250$^g$ d'essence de térébenthine et mis le ballon, qui contenait ce mélange, en relation avec un récipient rempli d'oxygène. Au bout de 2 jours, des cristaux de sulfoxyde commençaient à se déposer. L'opération a été arrêtée après 56 jours, alors que l'absorption de l'oxygène semblait presque terminée. L'essence de térébenthine a été alors décantée, et les cristaux de sulfoxyde lavés à l'éther de pétrole. Le rendement était sensiblement théorique.

L'essence de citrons, le géraniolène, le cyclogéraniolène, le menthène se comportent comme l'essence de térébenthine, et leur activité paraît être du même ordre.

II. Pour réussir dans ces expériences et obtenir le produit d'oxydation cherché, il paraît utile, sinon indispensable, que le liquide catalyseur remplisse deux conditions : d'une part, qu'il dissolve le corps oxydable, et, d'autre part, qu'il ne dissolve pas, ou très peu, le corps oxydé.

Or, les carbures d'hydrogène et les huiles ont un pouvoir dissolvant très

réduit. En particulier, ils n'étaient pas aptes à dissoudre le thiodiglycol $S(CH^2.CH^2OH)^2$ que nous désirions oxyder par le même processus.

Nous avons eu recours alors au citral, composé non saturé contenant de l'oxygène dans sa molécule, et dont par suite le pouvoir dissolvant se trouve plus étendu.

5g de thiodiglycol ont été agités avec 30g de citral et la liqueur décantée après repos, car la dissolution était incomplète, le thiodiglycol n'étant pas absolument pur. Abandonnée à l'air, la solution a commencé à déposer des cristaux après 20 jours. Au bout de 2 mois et demi, nous avons recueilli 1g,50 de cristaux constitués par le sulfoxyde du thiodiglycol $SO(CH^2.CH^2OH)^2$.

III. Les composés obtenus dans ces oxydations n'ayant pas été décrits, à notre connaissance, nous en donnerons quelques caractères permettant leur identification.

*Sulfoxyde de l'ypérite* $SO(CH^2.CH^2Cl)^2$. — En dehors du mode de préparation décrit ci-dessus, ce corps peut s'obtenir par action de l'acide azotique (D = 1,30) sur l'ypérite.

Il fond à 112°. Il est peu soluble dans l'eau froide (1g,50 pour 100cm³ environ), plus soluble dans l'alcool et l'éther. La potasse aqueuse le saponifie aisément en donnant le sulfoxyde du thiodiglycol $SO(CH^2.CH^2OH)^2$.

*Sulfone de l'ypérite* $SO^2(CH^2.CH^2Cl)^2$. — L'oxydation du composé précédent par le permanganate de potassium en liqueur acide donne quantitativement la sulfone correspondante.

Cristaux incolores, fondant à 55°, présentant à peu près les mêmes solubilités que le sulfoxyde.

*Sulfoxyde du thiodiglycol* $SO(CH^2.CH^2OH)^2$. — Nous avons vu que ce composé résulte de l'oxydation du thiodiglycol par l'intermédiaire du citral; ainsi obtenu, il est identique au produit de la saponification alcaline du sulfoxyde de l'ypérite.

Cristaux incolores, très solubles dans l'eau et dans l'alcool, insolubles dans l'éther, fondant à 111°.

En résumé, ce qui précède montre l'importance des réactions d'oxydation qui peuvent être réalisées à froid, par simple mélange avec des dissolvants convenablement choisis jouant le rôle de catalyseurs. Il n'est pas douteux que ces réactions prennent part aux transformations que subissent les mélanges industriels où figurent les huiles non saturées, l'essence de térébenthine; mais on peut penser aussi qu'elles peuvent jouer un rôle dans les processus vitaux, aussi bien chez les plantes que chez les animaux.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Composées. Les derniers stades du développement de l'embryon chez le* Senecio vulgaris *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

L'étage supérieur, *q*, du proembryon à seize cellules (*fig.* 4) (¹) donne naissance à la partie cotylée. Quand la cloison, séparant les deux cellules α et β, présente la disposition générale (*fig.* 6), c'est la cellule β qui se divise la première par une paroi verticale radiale pour donner deux éléments juxtaposés γ et δ (*fig.* 7). Quand la première cloison présente la disposition de la figure 8, une cloison verticale rectangulaire s'établit dans l'élément α engendrant de même deux éléments γ et δ (*fig.* 8). A ce moment le quadrant se trouve partagé en trois cellules, une centrale et deux périphériques. Des cloisons tangentielles s'établissent dans ces trois cellules et séparent définitivement le dermatogène (*fig.* 5). De nouvelles cloisons tangentielles se forment, à deux reprises, dans les éléments les plus intérieurs, d'où résulte la différenciation, dans toute la partie cotylée, de trois assises sous-épidermiques. La cellule qui occupe le sommet interne du massif triangulaire issu de β reste toujours en relation directe avec les cellules les plus internes du plérome (*fig.* 10 à 13).

L'étage *m* donne naissance à l'axe hypocotylé tout entier. Les quatre éléments qui le constituent dans la figure 4 se segmentent tangentiellement à deux reprises et séparent d'emblée les trois histogènes, dermatogène, périblème et plérome. Dans le plérome, après une ou deux cloisons transversales, les premières parois verticales isolent extérieurement le péricycle (*fig.* 11 à 13).

L'étage *n* donne les initiales de l'écorce. Les deux éléments qui le représentent dans la figure 4, par deux parois méridiennes, se séparent en quatre cellules circumaxiales; celles-ci se divisent encore verticalement, soit par des cloisons tangentielles, soit par deux cloisons normales aux deux parois méridiennes, pour donner naissance à quatre cellules internes et quatre à huit cellules externes. Les premières fonctionnent comme initiales de l'écorce; les autres se divisent radialement, puis tangentiellement, et contribuent à la formation des parties latérales de la coiffe (*fig.* 10 à 13).

---

(¹) R. Souèges, *Embryogénie des Composées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Senecio vulgaris *L.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 254). Voir les figures schématiques qui accompagnent cette Note.

L'étage *o* engendre la portion centrale de la coiffe. Aux dépens de la cellule unique que l'on voit dans la figure 4, il se différencie quatre cellules circumaxiales. A des moments assez variables dans le développement, ces quatre cellules, se segmentant tangentiellement, selon le processus indiqué au sujet des *Nicotiana* (1), produisent les quatre rangées médianes de la coiffe. Ce dernier tissu a donc une origine triple, puisque trois étages du proembryon concourent à sa formation : l'étage *o* tout entier, pour la portion centrale, les cellules périphériques de l'étage *n* et quelques cellules de dermatogène de l'étage *m*, pour les portions latérales (*fig.* 12 et 13).

Si l'on considère comme représentant le tissu hypophysaire l'ensemble des éléments issus de l'étage *o*, on peut dire que l'hypophyse engendre, chez les Composées, comme chez les Polygonacées et les Solanacées, la portion médiane de la coiffe seulement. Mais si l'on considère comme représentant le tissu hypophysaire tous les éléments provenant des deux étages *n* et *o*, on peut dire que l'hypophyse, chez les Composées, comme chez les Renonculacées et les Crucifères, engendre à la fois les initiales de l'écorce et la portion médiane de la coiffe. Puisque cette double interprétation est possible, on voit combien le terme d'hypophyse manque de précision; il ne possède pas de définition stable, fondée, soit sur ses origines, soit sur ses destinées. Carano ne l'a pas employé dans son travail et les raisons qu'il en donne sont, il faut le reconnaître, excellentes. Il est évident que les notions d'hypophyse, de quadrants, d'octants, et même de suspenseur *sensu lato*, introduites dans la science à la suite des recherches de Hanstein, ne peuvent s'appliquer dans la généralité des cas. Il est préférable de leur substituer celles d'étages proembryonnaires et de blastomères constitutifs de ces étages, car tous ces blastomères, jusqu'au stade du proembryon à seize cellules, apparaissent toujours nettement individualisés, indépendants, homodynames et réalisent de la sorte des unités ontogéniques de valeur primordiale.

Le suspenseur tire son origine de la cellule *p* (*fig.* 4) qui se cloisonne transversalement pour donner deux cellules superposées (*fig.* 5) ; celles-ci, à leur tour, par de nouvelles segmentations, en général transversales, mais parfois aussi longitudinales, dans la région voisine de l'étage *o*, donnent en définitive naissance à un suspenseur filamenteux, composé de six à douze éléments, n'offrant aucune différenciation spéciale.

---

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Solanacées. Développement de l'embryon chez les* Nicotiana (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1125).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Expériences utilisables en physiologie végétale, sur l'osmose et sur l'aspiration due à l'évaporation.* Note [1] de M. **Pierre Lesage**, transmise par M. Gaston Bonnier.

En répétant et variant les expériences courantes que l'on fait en physiologie végétale pour chercher à faire comprendre les mouvements des liquides à l'intérieur des plantes, j'ai noté des faits qui me paraissent intéressants et qui méritent d'être rappelés. Voici deux séries d'expériences qui ont amené à quelques-uns de ces faits.

Dans la première série, j'ai répété l'expérience de Dutrochet sur l'osmose, avec des variations dans la membrane osmotique, dans les liquides osmosants et dans la position de cette membrane par rapport à ces liquides. Je ne décrirai pas l'expérience bien connue, je me contenterai, pour la rapidité de l'exposé, de désigner l'osmomètre par A et, par B, le cristallisoir ou récipient inférieur qui contient l'eau pure. Comme variations de la membrane, j'ai utilisé la peau de vessie, l'acétocellulose, des gâteaux de ciment à prise rapide et de plâtre à moulage. Dans ces deux derniers cas, je n'ai pas eu de phénomène comparable à l'osmose. Dans le cas de l'acétocellulose, l'osmose s'est produite et, avec des solutions de sucre, de sel marin avec l'alcool à 94°, cette osmose a présenté des variations comparables à celles qu'on obtient avec la peau de vessie : perméabilité pour l'eau, perméabilité pour les produits dissous, mais plus faible et inégale. Il m'a semblé que l'alcool modifie la membrane d'acétocellulose et la rend moins perméable au sel marin [2]. D'ailleurs je dois dire que la membrane d'acétocellulose est infidèle, elle varie avec son origine et avec les manipulations qu'on lui fait subir.

L'osmose se produit de la même manière, qu'on immerge plus ou moins profondément la membrane dans l'eau de B, ou qu'on la maintienne tangente à ce liquide. Si on la soulève au-dessus de l'eau, il y a encore osmose apparente ; mais le niveau d'équilibre osmotique en A est vite atteint. Cela tient à ce que, la membrane étant perméable au produit dissous, le système se complique de telle sorte qu'en allant de A vers B, on trouve : solution forte, membrane, mince couche de solution faible, air humide, eau de B.

---

(1) Séance du 2 août 1920.

(2) Pierre Lesage, *Emploi de l'acétocellulose comme membrane osmotique* (*Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest,* séance du 5 mars 1920).

Alors il y a de B à la solution faible inférieure, distillation et condensation réglées par la différence des tensions de vapeur d'eau; et, de la solution faible inférieure à la solution forte supérieure, osmose réglée par la différence des concentrations de part et d'autre de la membrane. D'autre part, des gouttes de la solution inférieure se détachent, par moments, et tombent en B. J'ai observé ces faits, la membrane étant à $8^{mm}$ ou $10^{mm}$ au-dessus de l'eau de B. J'ai encore remarqué que le niveau d'équilibre osmotique est, dans l'appareil avec peau de vessie, moins élevé que dans un même appareil avec membrane d'acétocellulose.

Dans la deuxième série, j'ai répété et varié l'expérience d'Askenasy par laquelle on cherche à montrer que l'aspiration due à la transpiration des feuilles est comparable à une aspiration due à l'évaporation d'un gâteau de plâtre. Pour cela, j'ai employé le même appareil Dutrochet avec membrane d'acétocellulose, gâteau de ciment à prise rapide ou gâteau de plâtre à moulage, en remplissant A d'eau pure ou même de solution sucrée à une molécule-gramme au litre, et renversant sur du mercure contenu en B. Avec le ciment, le mercure n'a pas été soulevé; avec le plâtre, le mercure a été soulevé dans le tube étroit comme dans l'expérience d'Askenasy. Je ne me suis pas arrêté davantage à ces deux cas. Mais cependant remarquons, en passant, que le ciment n'osmose pas, n'aspire pas, tandis que le plâtre n'osmose pas, mais aspire.

Avec la membrane d'acétocellulose, il y a eu aspiration lente et élévation du mercure, élévation qui atteignait $220^{mm}$ quand j'ai arrêté l'expérience pour la reprendre sous une autre forme qui a donné des résultats intéressants. Dans cette nouvelle expérience, A, plein d'eau de source, est renversé sur B qui contient une couche épaisse de mercure surmontée d'une couche assez épaisse d'eau. Comme précédemment le mercure est aspiré dans le tube où le niveau s'élève lentement. Après un certain temps, ce niveau se trouvant à $55^{mm}$, je fais écouler, avec un siphon, du mercure de B pour faire en sorte que l'extrémité du tube de A soit dans l'eau et à environ $2^{mm}$ au-dessus du niveau du mercure resté en B. Dans ces conditions, la colonne de mercure se maintient à $55^{mm}$ dans le tube et rejoint le mercure de B par un cylindre libre sur ses côtés dans l'eau, sur une longueur d'environ $2^{mm}$. Les choses étant ainsi disposées, l'évaporation se poursuivant, le mercure continue à monter dans le tube. Quand le niveau supérieur a atteint $85^{mm}$, j'ai voulu enlever encore du mercure de B; mais la colonne s'est affaissée. Alors j'ai remplacé le tube étroit de A; il avait $5^{mm}$ de diamètre, je lui ai substitué un tube de $2^{mm}$ de diamètre et j'ai recommencé la même expérience. Quand la hauteur du mercure soulevé a atteint environ

$80^{mm}$, j'ai enlevé du mercure de B jusqu'à $2^{mm}$ au-dessous de l'extrémité inférieure du tube de A ; la colonne mercurielle s'est maintenue dans le tube et reliée au mercure de B par une partie libre dans l'eau comme précédemment. Mais, trois heures après, en voulant mesurer à nouveau la hauteur, j'ai dû ébranler le système plus qu'il ne convenait; la colonne, sans s'affaisser, s'est rompue à environ $3^{mm}$ au-dessus de l'extrémité du tube de A. J'ai laissé les choses en l'état jusqu'au lendemain; après 18 heures, rien ne paraissait changé et cependant l'évaporation et l'aspiration avaient dû se continuer comme auparavant. De la fuchsine mise dans l'eau de B m'a éclairé à ce sujet; après moins d'une heure, l'eau s'est teintée en rouge au-dessus de la colonne de mercure : l'aspiration due à l'évaporation de la membrane d'acétocellulose fait glisser l'eau de B entre la paroi du tube et la colonne de mercure qui reste suspendue sur une longueur de $80^{mm}$.

Je m'en tiens à ces indications sur ces expériences et les variations qu'elles comportent, elles sont plutôt du domaine purement physique ; mais j'ai pensé qu'il valait mieux les faire connaître que de les laisser confinées dans mes notes jusqu'au moment où je pourrais les utiliser en physiologie. Car s'il y a des applications connues, il en est encore à chercher, à préciser pour mieux comprendre les mouvements de la vapeur d'eau, de l'eau liquide et des matières solubles, dans les vaisseaux, dans les méats intercellulaires, dans les massifs cellulaires tels que les nectaires, les renflements moteurs, et même à la périphérie des plantes où l'étude de certaines formations pourra être facilitée par la connaissance des modifications de la membrane d'acétocellulose évaporant dans certaines conditions qu'il reste à déterminer.

VITICULTURE. — *De l'action des eaux météoriques sur les dépôts des bouillies cupriques*. Note de M. et M[me] **G. Villedieu**, transmise par M. Viala.

Les bouillies anticryptogamiques, employées actuellement en agriculture, sont le plus généralement obtenues en versant dans une solution de sulfate de cuivre, soit un lait de chaux dilué, soit une solution de carbonate de soude, jusqu'à ce que la réaction acide due au sulfate de cuivre soit neutralisée; en général on va même jusqu'à légère alcalinité en vérifiant le terme de la réaction à l'aide d'un papier à la phtaléine ou au tournesol. On a admis jusqu'à ce jour que les bouillies à préférer étaient le plus voisines de la neutralité, ou plus justement celles qui ne possédaient qu'une légère

alcalinité, bien que, comme le dit M. Pacottet dans son Traité *Viticulture*, les bouillies acides ou alcalines soient plus actives que les neutres.

On admet également que l'oxyde de cuivre des bouillies bordelaises ou l'hydrocarbonate de cuivre des bouillies bourguignonnes au contact de l'acide carbonique et de l'ammoniaque contenus dans les eaux météoriques peuvent se dissoudre à l'état de traces et venir ainsi en contact avec les zoospores des champignons parasites qu'ils détruisent. La bouillie bordelaise étant celle que l'on utilise le plus fréquemment, nous avons cru devoir l'étudier particulièrement.

Ce qui se forme en réalité, lorsqu'on verse un lait de chaux dans une solution de sulfate de cuivre, c'est du sulfate basique de cuivre $SO^4Cu$, $3Cu(OH)^2$; si l'on met de la chaux en excès, on obtient le sulfate basique de Smith $SO^4Cu$, $5Cu(OH)^2$. Ces faits sont connus; il suffit pour les vérifier de verser lentement dans une solution de sulfate de cuivre de titre connu, une solution titrée de chaux ou de soude; la neutralité est atteinte dès qu'on a versé les trois quarts de ce qu'aurait exigé la totalité de l'acide sulfurique en réaction. Si l'on filtre la liqueur à ce moment, on constate que dans la liqueur filtrée il n'y a plus trace de cuivre et, dans le précipité lavé, on retrouve l'acide sulfurique correspondant au sulfate restant. Ces sulfates étudiés par Becquerel et Smith sont complètement insolubles dans l'eau.

Le sulfate basique ou l'hydrocarbonate de cuivre (des bouillies bourguignonnes) se comportent d'ailleurs de même en présence de l'anhydride carbonique et de l'ammoniac pris séparément ou mélangés.

Nous avons voulu vérifier quelle pouvait être l'action des eaux météoriques sur ces deux corps, bases des bouillies. Tout d'abord, nous nous sommes reportés aux analyses des eaux météoriques et nous avons retrouvé les chiffres fournis par Baumert, Peligot et Boussingault (*Dictionnaire de Wurtz*, t. 2, p. 1201). Boussingault donne comme chiffre moyen à la campagne celui de $0^g,0007$ par litre pour l'ammoniaque et Peligot et Baumert ceux de $0^{cm^3},6$ et $0^{cm^3},45$ par litre pour le gaz carbonique, ce qui correspond en poids pour ce gaz à environ $0^g,001$ et $0^g,0008$ par litre; ces chiffres rapportés au volume du solvant sont à peine de l'ordre du millionième.

Pour les bouillies acides, celles-ci contenant du sulfate de cuivre libre, il ne saurait être question d'envisager l'action de si faibles doses de gaz carbonique et d'ammoniaque. Il faut remarquer simplement que l'activité dangereuse de ces bouillies, même pour des organes bien défendus comme la feuille tient à la nature même du sulfate de cuivre dont les trois quarts de l'acide, ainsi que le montre l'expérience relatée plus haut, sont à l'état

de quasi-liberté et peuvent être absorbés par les corps les moins alcalins et même neutres comme le carbonate de calcium ([1]), jusqu'à production de sulfate basique. Il suffit pour le vérifier de faire réagir l'un sur l'autre du sulfate cuivrique et du carbonate de calcium en présence d'un peu d'eau, et de constater le dégagement de $CO^2$. Le sulfate de cuivre agit ainsi comme une véritable source d'acide sulfurique et l'on n'a pas jusqu'à ce jour, à notre connaissance, étudié l'action de cet acide sur les zoospores des champignons.

Pour vérifier la présence de traces de cuivre de l'ordre du millionième nous avons utilisé la réaction directe du ferrocyanure de potassium de la façon suivante :

*Type :* A $100^{cm^3}$ (volume constant d'opération) d'une solution au $\frac{1}{250000}$ de sulfate de cuivre, contenant sensiblement 1 millionième de ce métal, on ajoute une goutte (tube calibré) de ferrocyanure de potassium au $\frac{1}{100}$, puis une goutte d'acide acétique. On verse dans un petit flacon dit d'Erlenmeyer de $120^{cm^3}$ en verre blanc et par simple comparaison avec des flacons semblables contenant pour $100^{cm^3}$ d'eau distillée une goutte de ferrocyanure et en se plaçant sur fond blanc, on perçoit nettement une teinte rose se développant dans la solution de cuivre au millionième. On peut s'aider d'un tube de verre blanc, assez long et entouré de papier noir, mais il est inutile à notre avis.

Dans l'étude des bouillies alcalines (en pratique culturale, les chimiquement neutres n'existent pas), que cette alcalinité soit due à la chaux ou à la soude, il est évident que les traces d'acide carbonique des eaux sont d'abord fixées par ces bases avant de pouvoir réagir sur le sulfate basique ou l'hydrocarbonate de cuivre. Nous l'avons vérifié et nous avons constaté qu'en présence simplement du carbonate de calcium qui se rencontre toujours dans les dépôts des bouillies bordelaises, le sulfate basique pur ou l'hydrocarbonate de cuivre pur exigeaient au moins $0^g,10$ par litre (100 fois la dose des eaux météoriques) de gaz carbonique pour commencer à donner des solutions de cuivre atteignant à peine l'ordre du millionième. La moindre trace de chaux, même la présence d'ammoniaque, empêchent cette faible dissolution. Pour l'ammoniaque restant seule en question, nous avons opéré de la façon suivante : A $100^{cm^3}$ d'une solution contenant soit $0^g,01$, soit $0^g,05$, soit $0^g,07$ de $AzH^3$ par litre, nous avons ajouté $2^g$ de sulfate basique ou $2^g$ d'hydrocarbonate de cuivre purs et secs. On agite et après 20 ou 30 minutes de contact on filtre avec soin sur un filtre serré;

([1]) BECQUEREL, *Comptes rendus*, t. 34, 1852, p. 573.

à la liqueur filtrée on ajoute de l'acide acétique jusqu'à réaction acide et une goutte de la solution de ferrocyanure : nous n'avons obtenu aucune coloration appréciable; ces essais ont été répétés avec addition de chaux sans plus de succès.

Nous avons reconstitué des eaux météoriques contenant 10, 20, 50 et 100 fois plus de gaz carbonique et d'ammoniaque que les eaux météoriques ordinaires, soit de $6^{cm^3}$ à $60^{cm^3}$ d'anhydride carbonique par litre et de $0^g,007$ à $0^g,07$ d'ammoniaque; nous avons fait des essais nombreux d'abord avec de l'eau de pluie normale, puis avec ces diverses solutions et nous n'avons obtenu de coloration appréciable qu'avec une eau 100 fois plus riche en acide carbonique et en ammoniaque que l'eau de pluie. Il faut avoir soin dans ces opérations d'utiliser des produits bien lavés et secs et de l'eau, distillée dans des appareils en verre, les eaux provenant d'alambics en cuivre, même étamés, peuvent en effet renfermer des traces de cuivre.

Étant donné qu'avec une eau correspondant à la composition d'une eau météorique normale il est impossible de dissoudre des traces de cuivre de l'ordre du millionième, nous croyons pouvoir conclure que rien n'autorise à penser que dans les bouillies alcalines ce soit le cuivre soluble qui agisse comme toxique vis-à-vis des zoospores du mildiou. Pourtant l'action toxique de ces bouillies est indiscutable et leur réussite démontre leur efficacité. Il y aurait peut-être lieu de rapprocher de leur action ce fait connu, et qu'il nous a été donné de vérifier, qu'en général les spores des cryptogames habitués à vivre en milieu acide ne se développent pas sur les milieux nettement alcalins; ils ne se développent pas non plus d'ailleurs sur des milieux nettement sulfuriques, en si petites quantités qu'y existe l'acide sulfurique libre et tous les anticryptogamiques (même par comparaison les traitements au soufre) pourraient être envisagés comme n'agissant qu'en modifiant la constitution chimique, en altérant la composition du protoplasma des zoospores avec lesquelles ils sont directement en contact, hypothèse en accord avec l'activité reconnue des bouillies acides ou alcalines.

Nous nous proposons de continuer l'étude de cette question.

PHYSIOLOGIE. — *Comment évaluer le rendement des ouvriers.* — Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Laveran.

Nous avons montré, depuis une vingtaine d'années, que l'expression *fidèle* de l'activité musculaire est dans la consommation d'oxygène.

Il y a lieu de rappeler ici que ce genre d'évaluation est exactement celui que l'on applique aux moteurs thermiques; mais avec cette différence que l'on mesure le volume de ce comburant, et non le poids de combustible.

Pour les déterminations pratiques, nous avons toujours employé la *soupape respiratoire* adaptée à la bouche, et sur laquelle une dérivation, par tube de caoutchouc réuni à un tambour inscripteur, permet d'enregistrer les inspirations et expirations nettement séparées.

L'intérêt de ce procédé, dont la rigueur ne peut plus se discuter, est double :

D'une part, on connaît la quantité d'oxygène absorbée durant un travail, soit sportif, soit professionnel;

D'autre part, on peut suivre, sur le graphique de la respiration, la régularité ou les troubles de cette dernière.

Alors on observe les faits que nous allons résumer très brièvement, et qui seront donnés dans un Mémoire étendu :

1° Quand un ouvrier effectue une opération professionnelle, sans surmenage, sans effort excessif ou accidentel, sa respiration est régulière, tant pour la ventilation pulmonaire que pour l'aspect des courbes respiratoires.

2° La même opération, imposée à plusieurs ouvriers, révèle des différences de consommation d'oxygène, lesquelles tiennent au degré d'habileté manuelle, au maintien du corps, à l'installation de l'atelier, facteurs qui varient suivant les personnes et les circonstances.

En matière d'apprentissage, l'économie respiratoire s'accroît avec le niveau d'instruction des jeunes gens.

3° Toute maladresse dans le travail, toute *simulation* pour manifester un excès de force ou une impotence, se traduisent par un trouble de la ventilation, et les irrégularités du graphique. Il n'est pas possible de s'y méprendre.

4° Nous remarquerons spécialement le cas des *athlètes* qui présentent, d'une façon générale, une *inspiration plus longue* que d'habitude. Elle empiète sur l'expiration, elle montre que l'organisme se pourvoit en oxygène, chaque fois au delà de ses besoins, en prévoyance de l'*effort* possible.

Ce mécanisme, que certains athlètes nous ont dit s'être imposé volontairement, nous paraît être un de ces moyens de défense dont l'économie animale est heureusement si riche.

Et l'on doit en tirer cet enseignement que, dans l'ordre professionnel ou sportif, l'*éducation respiratoire* a une vertu souveraine [1] : elle met au ser-

[1] Jules Amar, *Les lois scientifiques de l'éducation respiratoire* (Dunod, 1920).

vice de l'hématose, de la vie cellulaire, l'oxygène nécessaire, sans le moindre gaspillage.

EMBRYOGÉNIE. — *La formation du squelette axial chez* Eunicella (Gorgonia) Cavolinii *Koch*. Note (1) de M. **André Migot**, transmise par M. Yves Delage.

Le squelette des Gorgones est actuellement considéré par la plupart des auteurs après Koch comme le produit de la sécrétion d'une assise cellulaire qui ne serait autre chose que l'ectoderme pédieux refoulé. Le premier élément squelettique est une lame chitineuse sécrétée par l'ectoderme pédieux entre lui et son support. Puis la sécrétion continuant, l'axe s'élève, toujours entouré par l'assise ectodermique sécrétante refoulée en doigt de gant. Il est donc morphologiquement extérieur à l'animal.

On sait que l'axe est constitué par des lames cornées très minces, emboîtées en coupoles superposées et largement séparées au centre de l'axe par une substance intermédiaire, molle, très abondante.

Latéralement, ces lames chitineuses se rapprochent et s'accolent pour former la partie dite corticale de l'axe, la partie médullaire étant formée par les coupoles cornées et la substance intermédiaire. Alors que la substance cornée dure se colore en noir par l'hématoxyline, la substance intermédiaire, molle, ayant l'aspect de la mésoglée, se colore en rose par le picro-carmin.

Nos observations sur *Eunicella Cavolinii* Koch nous ont montré que les lames cornées, en se rapprochant latéralement pour former la zone corticale, restent en réalité séparées par une mince lamelle de substance intermédiaire en continuité morphologique avec celle qui est entre les coupoles.

Il en résulte une alternance de couches claires, rosées, et de couches sombres noirâtres, bien visible sur la plupart des préparations colorées à l'hématoxyline ferrique-carmin.

La substance intermédiaire est entièrement remplie par un feutrage de filaments extrêmement fins, enchevêtrés, se colorant un peu comme les lamelles chitineuses, mais d'une manière beaucoup moins intense.

Certains auteurs ont décrit des spicules calcaires à l'intérieur et dans l'épaisseur du squelette axial. Nous n'en avons jamais rencontré dans l'espèce étudiée, même sur les préparations non décalcifiées.

---

(1) Séance du 2 août 1920.

Quelle est l'origine de ce squelette et comment sont formées les deux substances qui le composent? Classiquement, c'est un produit de sécrétion de l'ectoderme invaginé.

Un fait à mettre en évidence, c'est que jamais on n'observe une couche épithéliale continue autour de l'axe squelettique, comme semble le penser Koch.

Les éléments que l'on observe autour du squelette et qui le séparent de la mésoglée sont de deux sortes : 1° des cellules; 2° des éléments striés spéciaux, très importants pour la formation du squelette, comme nous le verrons tout à l'heure.

Les cellules, de petite taille, ont assez fréquemment sur les coupes la forme d'un fuseau épais et court, pointu aux deux extrémités. Leur noyau est très visible, se colore facilement et leur protoplasma est bourré de granulations très chromatiques.

Parfois quelques-unes de ces cellules forment une courte assise le long du squelette, mais cette assise est discontinue et il y a alors fréquemment deux ou trois épaisseurs de cellules séparées par une mince couche de mésoglée.

Dans le cas le plus fréquent, on voit des amas plus ou moins volumineux de cellules, pressées l'une contre l'autre, ayant en coupe une forme de fuseau épais ou de cube. Ces amas existent en des points quelconques de la périphérie de l'axe, mais plus particulièrement vers l'extrémité. Les cellules de ces amas sont certainement en voie de multiplication active bien qu'on n'y rencontre jamais de figures de caryocinèse. Mais c'est là un fait général chez ces animaux où les cellules semblent se multiplier uniquement par division directe. Les massifs cellulaires se continuent avec les cellules des canaux endodermiques, rien ne permettant d'ailleurs de les en distinguer.

Enfin, entre les éléments striés, on trouve une ou deux cellules plus petites, arrondies, mal limitées, dont les noyaux et les granulations se colorent mal; ce sont là des cellules en voie de dégénérescence.

Les éléments striés existent d'une façon absolument constante. Ils ont en coupe la forme d'un sablier aux angles arrondis et très aplati. Leur hauteur est à peu près celle d'une cellule, mais leur largeur est fréquemment double. Ils sont nettement limités latéralement par leurs côtés concaves, mais du côté opposé au squelette ils se continuent avec la mésoglée sans aucune démarcation.

Du côté du squelette ils sont entièrement appliqués contre celui-ci. Leur contenu ne diffère en rien de la mésoglée; mais sur une bande adjacente au squelette il est transformé en une sorte de bordure en brosse constituée

par un grand nombre de petites striations parallèles et égales, dirigées perpendiculairement à la surface de l'axe et fortement colorées en noir par l'hématoxyline.

Ces stries, qui sont d'abord nettement séparées, finissent par se confondre absolument avec la surface de l'axe, donnant à celui-ci un aspect finement hérissé.

Puis cet aspect finit par s'atténuer, chaque bande de stries se transformant en une couche chitineuse qui s'ajoute au squelette.

Ces éléments striés sont parfois isolés, mais forment généralement de longues files le long de l'axe. Les côtés concaves limitent entre eux de petites lacunes arrondies contenant une de ces cellules dégénérées dont nous avons parlé plus haut. Ils sont très comparables aux calicoblastes striés de Heider et de Ogilvie et aux desmocytes de Bourne chez les Hexaoralliaires. Mais ces auteurs les considèrent comme des cellules transformées. Nous ne pensons pas qu'il en soit ainsi dans notre espèce.

En effet, jamais on n'observe d'intermédiaire entre leur structure et la structure cellulaire; les cellules dégénérées sont toujours situées *entre* ces éléments, dans les lacunes formées par leurs côtés concaves. Leur forme particulière ne se rencontre jamais dans une cellule et ils sont, en général, beaucoup plus larges que les cellules. Enfin, leur contenu se continue directement avec la mésoglée dont il ne se différencie pas. Nous pensons au contraire que, à mesure que les cellules dégénèrent, ces éléments se constituent par élargissement progressif de la substance intercellulaire aux dépens de la mésoglée.

Quant à la substance molle, intermédiaire aux couches cornées, elle est vraisemblablement sécrétée par les cellules granuleuses, qui sont particulièrement nombreuses vers l'extrémité du squelette, là où cette substance est la plus abondante. De plus, lorsque les éléments striés ont formé une nouvelle couche squelettique, on a un développement particulier des groupes de cellules granuleuses en voie de multiplication.

On peut donc admettre deux temps successifs :

1° Multiplication des cellules granuleuses, sécrétion de la substance intermédiaire par ces cellules;

2° Dégénérescence des cellules avec formation des éléments striés qui donneront une couche chitineuse nouvelle.

Puis le premier temps recommence, grâce à la persistance de groupes de cellules et ainsi de suite, cette alternance de phénomènes rendant compte de l'alternance de couches signalées dans la constitution du squelette.

EMBRYOGÉNIE. — *La différenciation histochimique de l'épithélium pulmonaire fœtal du Mouton* ([1]). Note ([2]) de MM. **Fauré-Fremiet**, **J. Dragoiu** et Mlle **Du Vivier de Streel**, présentée par M. Henneguy.

L'histogénèse du poumon fœtal du Mouton ([3]) montre comment la courbe de croissance de cet organe doit être considérée comme l'expression globale des phénomènes complexes et asynchrones de multiplication et de différenciation des éléments épithéliaux d'une part, et des éléments conjonctivo-vasculaires de l'autre; phénomènes qui assurent avant la naissance la réalisation de la structure définitive de l'appareil pulmonaire.

Les variations morphologiques que subissent au cours de leur différenciation les tissus du poumon fœtal s'accompagnent de modifications de leur composition chimique, que nous avons pu mettre en évidence dans leur ensemble en suivant les variations quantitatives globales de l'eau, des lipoïdes, et du glycogène pulmonaires ([4]).

Il serait intéressant, au point de vue de la physiologie du développement, de suivre les variations successives de la composition chimique d'un tissu déterminé au cours de ses périodes de croissance et de différenciation. C'est ce que nous avons tenté pour l'épithélium pulmonaire à l'aide de procédés indirects.

Nous avons d'abord cherché un procédé de mesure des variations quantitatives du tissu épithélial, puis nous avons cherché comment les variations globales de la composition du tissu pulmonaire pouvait se répartir, au cours du développement, entre ses éléments épithéliaux et conjonctifs.

I. *Variation quantitative du tissu épithélial.* — L'emploi des méthodes microchimiques montre que le glycogène du poumon fœtal est rigoureusement localisé aux éléments épithéliaux. On pourrait donc admettre que la quantité de cet hydrate de carbone varie proportionnellement à la masse de tissu épithélial, si ces mêmes méthodes microchimiques ne montraient un autre phénomène : la disparition du glycogène dans tous les éléments épithéliaux en voie de différenciation.

---

([1]) Travail fait à l'aide d'une subvention sur le fonds Bonaparte.

([2]) Séance du 28 juin 1920.

([3]) J. Dragoiu et Fauré-Fremiet, *Développement des canaux aériens et histogénèse de l'épithélium pulmonaire chez le Mouton* (*Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1617).

([4]) Fauré-Fremiet, J. Dragoiu et Du Vivier de Streel, *La croissance du poumon fœtal chez le Mouton et les variations concomitantes de sa composition* (*Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 275).

Nous avons donc cherché un autre procédé d'approximation des variations quantitatives de l'épithélium pulmonaire, et nous nous sommes arrêtés à des mesures de surface et à des numérations permettant d'apprécier la surface moyenne des éléments épithéliaux correspondants, pour un âge donné à une surface donnée de tissu pulmonaire (¹). La surface épithéliale trouvée et la surface pulmonaire correspondante, étant multipliées chacune par sa racine carrée, nous pouvons estimer le volume épithélial par rapport au volume pulmonaire; puis, admettant que la densité des tissus est peu éloignée de celle de l'eau, nous pouvons traduire les volumes en poids. De semblables déterminations ont un caractère essentiellement approximatif, mais leur comparaison avec les données histologiques et chimiques précédemment exposées permettent de les considérer comme exprimant assez bien l'ordre de grandeur des éléments épithéliaux par rapport au poumon total aux divers moments de son évolution fœtale.

Les résultats donnés par ces calculs montrent que, entre la 4ᵉ et la 11ᵉ semaine, l'épithélium s'accroît plus vite que le tissu conjonctif ; du milieu de la 11ᵉ semaine au début de la 13ᵉ, l'accroissement propre des deux tissus est sensiblement égal; du début de la 13ᵉ semaine jusqu'à la naissance, le tissu conjonctif s'accroît beaucoup plus vite que le tissu épithélial.

Si l'on calcule la masse épithéliale non plus par rapport à 100 parties de tissu pulmonaire, mais par rapport au poumon entier, on voit que, jusqu'à la 12ᵉ semaine, l'épithélium pulmonaire s'accroît régulièrement et double sa propre masse en un temps qui varie de 3 à 4 jours (après la 6ᵉ semaine), à 7 à 8 jours (pendant la 12ᵉ semaine). Après la 12ᵉ semaine, on constate non point une diminution *relative* de l'épithélium correspondant à un ralentissement de sa croissance par rapport à celle du tissu conjonctif, mais une diminution réelle et très considérable, en ce qui concerne, tout au moins, les cellules nucléées non transformées par étalement, celles-ci ne pouvant être estimées dans nos calculs. Si l'on compare la courbe donnée par ces chiffres avec la courbe des variations quantitatives du glycogène, on voit que, sans être superposables, elles se correspondent très exactement et subissent, l'une et l'autre, au même temps de la vie fœtale, une chute brusque.

Nous saisissons alors la signification de ce *point critique* que les variations globales de composition nous ont montré dans le développement du poumon

(¹) Ces mesures ont été faites sur des coupes et sur des microphotographies de poumons fixés exactement dans les mêmes conditions.

vers la 13e semaine; il correspond à l'arrêt de croissance du tissu épithélial, ou plus exactement à une régression apparente de ce tissu que l'analyse histologique nous montre comme une différenciation profonde accompagnée d'un rapide accroissement corrélatif du réseau vasculaire et de l'organisation conjonctive du parenchyme pulmonaire.

II. *Variations de composition du tissu épithélial.* — Nous avons supposé :

1° Que la composition de la masse du tissu conjonctif varie très peu pendant la première partie du développement tout au moins;

2° Que sa composition est analogue à celle de la gélatine de Wharton du cordon ombilical. Celle-ci renferme jusqu'à 95 pour 100 d'eau et seulement 15 pour 100 de son poids frais d'extrait lipoïdique total.

Si pour 100 parties de poumon fœtal, on partage proportionnellement la quantité d'extrait lipoïdique total correspondant au stade étudié, entre la masse épithéliale calculée et le tissu conjonctif restant, on voit que de la 10e à la 12e semaine, le chiffre lipoïdique que l'on peut attribuer à l'épithélium augmente légèrement, *mais sensiblement moins que la masse épithéliale,* alors qu'après la 12e semaine il demeure sensiblement constant, *tandis que la masse épithéliale diminue.*

Il est donc évident que le chiffre lipoïdique, calculé pour 100 parties de tissu épithélial, doit diminuer pendant toute la période de multiplication, tandis qu'à partir de la 12e semaine, il doit s'accroître rapidement pendant la période de différenciation.

L'étude histochimique confirme cette interprétation de point en point.

En dehors des corps gras qui peuvent leur appartenir, les cellules épithéliales renferment tout le glycogène pulmonaire; soit 11 à 18 pour 100 du poids épithélial humide. Corrélativement, la cellule épithéliale ainsi chargée de glycogène et renfermant au début et à la fin de son évolution une forte proportion de lipoïdes doit contenir une quantité d'eau relativement faible, et celle-ci doit *augmenter légèrement pendant la période de croissance* pour diminuer pendant la période de différenciation, ce que le calcul semble vérifier.

*Conclusion.* — Les variations que nous venons d'esquisser se répartissent inégalement entre les cellules appartenant à deux lignées épithéliales à évolution distincte : la lignée bronchique et la lignée alvéolaire. Dans celle-ci, la différenciation de la cellule granuleuse alvéolaire, dont le type histochimique très particulier se maintient pendant toute la vie de l'adulte, apparaît brusquement à un stade critique du développement du poumon fœtal.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés de la sérine.* Note de MM. **M. Piettre** et **A. Vila**, présentée par M. Roux.

Comme suite à la méthode de séparation des protéines du sérum décrite dans une Communication du 14 juin 1920, nous allons indiquer dans la présente Note quelques-unes des plus importantes propriétés des produits résultant de l'application de notre procédé.

I. Quand on reprend par l'eau distillée le précipité des protéines, obtenu par l'action de l'acétone sur le sérum, on recueille une eau mère renfermant 62 à 63 pour 100 de la sérine totale.

Saturée d'acide carbonique et filtrée, cette eau mère donne un liquide de limpidité éclatante, d'un blond plus ou moins foncé suivant les sérums.

Les eaux mères suivantes ne contenant respectivement que 18 pour 100, 7,5 pour 100, 4 pour 100 de la sérine totale, et les derniers liquides des lavages des protéines insolubles ne renfermant plus que des quantités minimes d'extrait, nous ne décrirons, pour simplifier, que le traitement de la première eau mère, de beaucoup la plus riche en sérine.

L'addition lente, à cette eau mère, du tiers environ de son volume d'alcool, accompagnée d'une vive agitation, donne un précipité blond s'agglomérant en caillot qui rapidement se rétracte et exsude presque complètement son liquide. Si l'on achève d'égoutter en malaxant avec un agitateur ou une spatule, on obtient une matière onctueuse, brillante, lustrée, de coloration blonde. Ce produit perd à la dessiccation plus de 50 pour 100 de son poids d'eau et d'alcool.

La sérine de première précipitation, obtenue comme il vient d'être dit, est rarement exempte de globuline entraînée en solution. On la purifie, une ou plusieurs fois, par redissolution dans l'eau distillée, la globuline se dépose en flocons faciles à éliminer.

Un des caractères remarquables de la sérine ainsi préparée est l'effet exercé par le froid sur ce produit et sur ses solutions à une température voisine de 0°.

Précipitée à la température ordinaire à l'état de poix à reflets soyeux, la sérine possède la propriété de se prendre au froid de la glacière en une masse solide granuleuse, de coloration blanc grisâtre. A la chaleur de la main cette masse se ramollit, devient sirupeuse de teinte brun clair; replacée au froid, elle se solidifie de nouveau.

Les solutions aqueuses de sérine additionnées d'alcool en quantité suffisante pour approcher de la précipitation donnent, si elles sont soumises au froid, un trouble puis un dépôt blanc. Examiné au microscope, ce dépôt est formé de grosses granulations

arrondies, isolées ou groupées. A douce chaleur elles se redissolvent pour se reformer presque instantanément à 0°, comme s'il s'agissait d'un phénomène de cristallisation. Cependant au cours de ces observations en chambre froide aucun effet bien net sur la lumière polarisée n'a pu être constaté dans les conditions ordinaires d'examen.

II. Il est possible de suivre la purification des protéines du sérum en se basant sur la teneur en chaux des produits séparés.

La chaux totale dans le sérum normal varie chez le cheval de 0g,160 à 0g,185 par litre. Nous avons trouvé, à partir d'un sérum dans lequel on a dosé 0g,170 de chaux par litre que 0g,057 de chaux passaient avec les corps gras et les sels dans la liqueur hydro-acétonique, au cours de la précipitation des protéines par l'acétone. 0g,102 de chaux ont été retrouvés dans les eaux mères des protéines solubles, alors que des traces impondérables ont seulement pu être caractérisées dans les masses des protéines insolubles ou globulines.

Dans le sang, 60 pour 100 de la chaux totale se trouvent donc particulièrement localisés dans la fraction soluble des protéines, sans y être cependant combinée d'une manière homogène.

On constate, en effet, en dosant cette base dans les diverses parties d'une précipitation fractionnée par l'alcool, qu'elle s'accumule dans les queues de l'opération. C'est ainsi que les précipités successifs d'un même fractionnement contenaient, le premier 0g,12 de chaux pour 100 de substance sèche; le second 0g,19; le troisième 0g,32; le quatrième 0g,75. Tout se passe donc comme si l'on se trouvait en présence d'un complexe d'albumines possédant respectivement des capacités de saturation différentes pour la chaux.

III. Les deux groupes de protéines séparées se caractérisent nettement par leurs propriétés physiques et chimiques.

La *sérine* est soluble dans l'eau, même après dessiccation dans le vide sulfurique ou à l'étuve à 40°. Elle précipite de ses solutions aqueuses par l'acétone ou l'alcool sous la forme décrite plus haut et des traces de bases alcalines ou alcalino-ferreuses augmentent considérablement sa solubilité.

La température de coagulation varie légèrement avec la concentration, elle débute en général à partir de 52° sous l'aspect d'un trouble moiré; certaines fractions commencent à 48°, d'autres seulement à 58°; elle se poursuit par palliers, en flocons blanchâtres, jusqu'aux environs de 80°.

*Composition chimique de la sérine.*

| | C. | H. | N. | Ph. | S. | CaO. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | 50,71 | 6,47 | 15,10 | traces | 2,54 | 0,33 |
| II. | 50,18 | 6,64 | 15,20 | | | |

*Pouvoir rotatoire spécifique en solution aqueuse*

$$\alpha_D = -57° \text{ à } -58°.$$

La *globuline* est une matière blanche insoluble dans l'eau, granuleuse à l'état frais, grisâtre et cornée après dessiccation. Encore humide, elle est soluble dans les bases alcalines ou alcalines terreuses et dans les acides, particulièrement dans les solutions acides acétique, formique, lactique, avec lesquelles elles donnent en liqueur concentrée des gels transparents.

*Composition chimique de la globuline.*

| | C. | H. | N. | $P^2O^5$. | S. | CaO. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I........ | 49,90 | 6,31 | 14,30 | 0,13 | 0,82 | traces | $<0,1$ % |
| II...... | 50,22 | 6,03 | 14,44 | | | | |

*Pouvoir rotatoire spécifique en solution aqueuse acétique*

$$\alpha_D = -81° \text{ à } -83°.$$

*Conclusion.* — La protéine soluble obtenue par notre procédé, correspondant à la sérine des auteurs, se différencie nettement de la globuline par ses caractères physiques : solubilité, pouvoir rotatoire, propriété particulière de se prendre en masse presque solide sous l'action du froid et, par sa composition chimique, notamment par sa teneur en soufre et en chaux.

PATHOLOGIE VÉTÉRINAIRE. — *La virulence du lait dans la fièvre aphteuse.* Note de M. **Charles Lebailly**, présentée par M. Roux.

On connaît depuis longtemps la virulence du lait dans la fièvre aphteuse. Cette virulence était attribuée à la présence d'aphtes sur les trayons, localisation très fréquente, et à la contamination du lait par rupture de ces aphtes pendant la mulsion. On a signalé (Terni) l'élimination du virus aphteux par le lait.

Les expériences suivantes prouvent que la virulence du lait est une manifestation très précoce de la fièvre aphteuse.

*Expérience* 1. — Dans une ferme où la fièvre aphteuse vient de faire son apparition, on choisit une vache dont la température atteint 40°,5 et qui présente, par ailleurs, comme unique symptôme de maladie un aphte en voie de formation à la lèvre supérieure, 200g de lait sont recueillis à la sonde avec toutes les précautions indispensables (sonde et récipient stérilisés, badigeonnage du trayon à la teinture d'iode, etc.). Trois jours après ce lait est injecté à la dose de 40cm³ sous la peau de la brebis F dont la température est de 39°,5. Au bout de 24 heures 40°,2, après 36 heures 41°,8, aphtes buccaux, abattement, dyspnée, diarrhée, aphtes des espaces interdigités, état grave. Température normale le huitième jour.

*Expérience* 2. — La brebis G, température 39°,5 reçoit sous la peau 40$^{cm^3}$ de lait recueilli le jour même, avec les précautions indispensables, et provenant d'une vache indemne d'éruption aphteuse, mais dont la température atteignait 40°,8. Au bout de 48 heures, la température de la brebis s'élève à 40°,2; après 72 heures à 41°, aphtes ulcères de trois espaces interdigités, pas d'éruption buccale, fièvre aphteuse de gravité moyenne, la température est redevenue normale le huitième jour. Les lésions des pieds guérissent lentement.

*Expérience* 3.— La brebis C reçoit sous la peau 40$^{cm^3}$ de lait recueilli la veille, toujours avec la même technique, sur une vache dont la température était de 40°,5 et qui n'a eu des aphtes que 48 heures après le prélèvement de lait. La brebis C avait au moment de l'inoculation 39°,4, après 24 heures 40°,5, après 36 heures 41°,5; elle s'est maintenue à ce degré pendant deux jours avec dyspnée, abattement, diarrhée, aphtes de la bouche et des espaces interdigités, état général grave, la température redevient normale le huitième jour.

Il ressort de ces observations qu'avant l'apparition d'aucun symptôme de maladie, alors que la santé de l'animal ne paraît nullement altérée, son lait est déjà virulent. Rien dans l'aspect extérieur ne peut le faire prévoir, seul l'emploi du thermomètre permet de déceler le début de la maladie.

Le passage du virus dans le lait est la cause la plus importante de la dispersion de la maladie et de la mort des jeunes animaux, il rend explicables des faits en apparence mystérieux. Lorsqu'on visite les foyers d'épidémie, il est impossible de ne pas être frappé par l'observation en apparence paradoxale des premiers cas de fièvre aphteuse sur de jeunes veaux enfermés dans des étables et ne sortant jamais. Les veaux sont atteints d'une maladie à marche rapide et meurent subitement alors que la fièvre aphteuse vient à peine d'être constatée sur les vaches laitières ou même ne sera reconnue que le lendemain lorsque les aphtes apparaîtront. En effet, cette éruption, considérée habituellement comme un symptôme de début de la maladie, indique en réalité un stade avancé et inaugure la période des complications par infection secondaire. La même remarque s'applique aux élevages de porcs. La grande quantité de virus introduite dans le tube digestif par l'ingestion de lait explique l'allure suraiguë de la maladie chez les jeunes animaux, et les cas de mort foudroyante avant même l'apparition des aphtes. La virulence du lait est très précoce et parallèle à celle du sang pendant la période d'ascension thermique.

La connaissance de ces faits permet d'interpréter les résultats décourageants obtenus par les éleveurs qui se sont astreints à faire bouillir le lait destiné aux veaux et aux porcs, cette précaution excellente est toujours prise trop tard.

Dans certaines fermes, on adopte une autre pratique dont les résultats sont aussi déplorables : elle consiste à utiliser exclusivement le lait des vaches non atteintes sans le faire bouillir. Or, lorsque la fièvre aphteuse se déclare dans une exploitation, il y a toujours parmi les animaux en apparence encore indemnes quelques sujets en période fébrile. Leur lait renferme le virus qui possède à ce moment son maximum d'activité et contamine les animaux auxquels il est distribué.

La mortalité si grande, qui sévit sur les veaux pendant les épidémies de fièvre aphteuse, ne pourrait être enrayée que si l'on s'astreignait à dépister, à l'aide du thermomètre, la maladie à son début et à stériliser par l'ébullition le lait et les récipients.

BACTÉRIOLOGIE. — *Quelques observations sur la culture du bacille tuberculeux en milieu non glycériné.* Note de MM. **E. Alilaire** et **E. Fernbach**, présentée par M. Roux.

Depuis 1887, époque à laquelle Nocard et Roux (¹) ont montré les avantages qu'il y avait à introduire de la glycérine dans les milieux de culture du bacille tuberculeux, presque toutes les expériences ont été faites avec des microbes cultivés sur milieux glycérinés. Cependant ces savants avaient appelé l'attention sur les modifications possibles du bacille en présence de ce corps.

Ayant été amenés, il y a quelques années, à remplacer la glycérine par de la gomme arabique, nous avions été surpris d'obtenir des cultures abondantes. Il nous a donc paru intéressant de voir quelles modifications pourraient être apportées à la composition du bacille par un changement aussi important de son milieu de culture.

Nos essais ont porté sur deux races de bacilles, l'une humaine, l'autre bovine. Nous les avons cultivées comparativement : 1° sur bouillon glycériné ordinaire 4 pour 100 ; 2° sur bouillon non glycériné ; 3° sur bouillon renfermant 4 pour 100 de gomme. Nous avons obtenu les poids moyens suivants de microbes secs, sur lesquels nous avons fait le dosage des matières grasses en les extrayant par un mélange de $2^{vol}$ de chloroforme pour $1^{vol}$ d'éther. L'azote a été dosé par la méthode de Kjeldahl.

Les chiffres sont rapportés aux bacilles secs.

(¹) Nocard et Roux, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1887.

| | Poids moyen en milligrammes. | Matières grasses solubles dans le chloroforme-éther (pour 100). | Azote (pour 100). |
|---|---|---|---|
| Bouillon glycériné....... | 364,2 | 33,1 | 4,88 |
| » non glycériné... | 335,2 | 8,24 | 8,50 |
| » gommé......... | 268,5 | 8,8 | 8,11 |

Les dosages d'azote faits sur une série de cultures et rapportés aux bacilles dégraissés ont fourni des chiffres très voisins : 7,17, 8,45 et 8,13 pour 100.

De l'examen de ces chiffres, il ressort que les bacilles cultivés en bouillons non glycérinés et gommés sont beaucoup moins riches en matières grasses et, par contre, beaucoup plus riches en azote; leur teneur en ces éléments correspond tout à fait à celle indiquée par Nicolle et Alilaire pour la plupart des microbes pathogènes (1).

Nous avons tenu à signaler ces premiers résultats parce que jusqu'ici les bacilles tuberculeux analysés par différents savants (Hammerschlag, Kressling, Aronson, Auclair et Paris, etc.) semblaient, par leur haute teneur en matière grasse, se distinguer des autres bactéries. Peut-être le bacille cultivé en l'absence de glycérine, très pauvre en matières grasses, serait-il susceptible d'être résorbé facilement par l'organisme comme les bacilles biliés de MM. Calmette et Guérin (2). Peut-être aussi, en raison de sa teneur plus élevée en matière azotée, serait-il capable de donner des anticorps en plus grande abondance.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

(1) Nicolle et Alilaire, *Annales de l'Institut Pasteur*, juillet 1909.
(2) Calmette et Guérin, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 32.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MARDI 17 AOUT 1920.

PRÉSIDENCE DE M. Henri DESLANDRES.


---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Expression de l'aire non euclidienne du domaine fondamental lié à une forme d'Hermite indéfinie.* Note [1] de M. G. **Humbert.**

1. Cette Note étend aux formes d'Hermite indéfinies, dans le corps (ou l'anneau) $i\sqrt{P}$, une formule que j'ai fait connaître [2] pour $P = 1$.

Partons de l'équation (4) de ma dernière Note [3], où $f(x, y)$ désigne la forme $xx_0 - Dyy_0$ du corps $i\sqrt{P}$, P étant $\equiv 1$ ou $2 \pmod 4$, D positif, sans facteur premier impair ($> 1$) commun avec P et non multiple de 4 :

$$(1) \qquad \sum_{c;\,X,Y} (\mathfrak{N} I_c)^s f^{-s}(X, Y) = 2h \sum \frac{1}{n^s} \sum \frac{1}{n^{s-1}} \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{D}{\varpi}\right) \frac{1}{\varpi^{s-1}}\right];$$

faisons-y $s = 2 + \rho$, multiplions les deux membres de (1) par $\rho$, et égalons leurs limites quand $\rho$ tend vers zéro, par valeurs positives.

Au second membre, le calcul est celui fait déjà pour les formes positives [4]; la limite est

$$(2) \qquad 2h \frac{\pi^2}{16} \prod_{\delta} \left(1 - \frac{1}{\delta}\right)\left(1 - \frac{1}{\delta^2}\right) \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{D}{\varpi}\right) \frac{1}{\varpi}\right],$$

$\delta$ désignant tout diviseur premier impair ($> 1$) de D, et $\varpi$ de P.

---

(1) Séance du 9 août 1920.
(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 753.
(3) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 287.
(4) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 407.

Au premier membre, prenons d'abord les termes qui répondent à $c$ donné; X et Y sont alors des entiers de l'idéal $I_c$, tels : 1° que $f(X, Y) : \mathfrak{N}I_c$ soit positif et premier à 2D; 2° que le point X : Y appartienne au domaine de Picard, $\mathfrak{P}$, du groupe $g$, qui correspond aux automorphies de $f$.

Grâce à la liberté que laisse le choix des $I_c$ (idéaux associés aux formes réduites de Gauss binaires, positives, proprement primitives, de discriminant P, *ou à des formes équivalentes*), on peut supposer $\mathfrak{N}I_c$ premier à 2D.

Les entiers X, Y du corps $i\sqrt{P}$ rendant $f(X, Y)$ premier à 2D forment $4D^2\Phi(2D)$ systèmes,

$$X = \alpha + 2D\varphi, \qquad Y = \gamma + 2D\varpi, \tag{3}$$

$\alpha$ et $\gamma$ fixes dans chaque système, et $\varphi$, $\varpi$ entiers quelconques du corps $i\sqrt{P}$, exactement comme dans le cas des formes positives (*loc. cit.*).

Mais il faut de plus que X, Y soient de l'idéal $I_c$, c'est-à-dire, si l'on veut, en usant de la liberté que laisse le choix des $\alpha$, $\gamma$, que $\varphi$ et $\varpi$ soient eux-mêmes de $I_c$ (*loc. cit.*). Si $I_c = (q, g + i\sqrt{P})$, on a ainsi

$$\varphi = qx_1 + (g + i\sqrt{P})y_1; \qquad \varpi = qx_2 + (g + i\sqrt{P})y_2, \tag{4}$$

avec $x_1, y_1, x_2, y_2$ entiers ordinaires quelconques.

Il faut enfin que $f(X, Y)$ soit $> 0$ et que le point X : Y appartienne à $\mathfrak{P}$, cette dernière condition entraînant évidemment la précédente, puisque $\mathfrak{P}$ est extérieur à la circonférence $\xi'^2 + \eta'^2 - D = 0$, représentative de $f$.

Posons

$$\xi = \frac{\alpha}{\sqrt{t}} + \frac{2D}{\sqrt{t}}\varphi; \qquad \eta = \frac{\gamma}{\sqrt{t}} + \frac{2D}{\sqrt{t}}\varpi, \tag{5}$$

$t$ étant une quantité positive; le point $\xi : \eta$ doit appartenir à $\mathfrak{P}$.

2. Considérons maintenant la somme, $\Sigma'$, des termes qui, au premier membre de (1), correspondent à des valeurs fixes de $c$, $\alpha$ et $\gamma$; la limite de $\rho\Sigma'$, d'après les principes de Dirichlet, sera celle de $(\mathfrak{N}I_c)^2\, 2T : t^2$, où T désigne le nombre des termes $f(X, Y)$ au plus égaux à $t$, les X, Y étant définis par (3) et (4).

Dans l'espace à quatre dimensions, les points (complexes) $\xi$, $\eta$ forment un réseau, de maille infiniment petite (pour $t = \infty$) dans tous les sens, et T, pour $t = \infty$, est le volume V de la région $\mathfrak{V}$ de cet espace occupée par les points $\xi$, $\eta$, divisé par le volume de la maille.

Ce dernier (*loc. cit.*) est $16D^4q^2P : t^2$; on a donc ainsi

$$T = V\frac{t^2}{16D^4q^2P};$$

la limite de $\rho\Sigma'$, puisque $\mathfrak{M}I_c = q$, est donc $\frac{V}{8PD^4}$, et tout revient à calculer V.

Posons

(6) $$\xi = x'_1 + ix'_2; \qquad \eta = y'_1 + iy'_2;$$

on a

$$V = \int\int\int\int_{\varphi} dx'_1\, dx'_2\, dy'_1\, dy'_2,$$

le champ $\varphi$ est défini : 1° par $f(\xi, \eta) \leqq 1$, qui exprime que $f(X, Y)$ est au plus égal à $t$; 2° par les inégalités exprimant que le point $\xi : \eta$ est de $\mathfrak{P}$.

Prenons pour variables, au lieu de $\xi$ et $\eta$, les quantités $\eta$ et $\frac{\xi}{\eta}$, en posant $z = \xi : \eta = z_1 + iz_2$; le champ nouveau sera défini par $y'^2_1 + y'^2_2 \leqq 1 : f(z, 1)$ et par les inégalités exprimant que le point analytique $z$ appartient à $\mathfrak{P}$ : les variables réelles sont maintenant $y'_1$, $y'_2$, $z_1$, $z_2$, et l'on a

$$V = \int\int\int\int dy'_1\, dy'_2\, dz_1\, dz_2\, (y'^2_1 + y'^2_2),$$

d'où, après passage aux coordonnées polaires pour $y'_1$ et $y'_2$,

$$V = \frac{2\pi}{4}\int\int \frac{dz_1\, dz_2}{f^2(z, 1)} = \frac{\pi}{2}\int\int \frac{dz_1\, dz_2}{(z_1^2 + z_2^2 - D)^2},$$

*le champ de l'intégrale double en $z_1$, $z_2$ étant maintenant $\mathfrak{P}$.*

3. On voit que V est indépendant de $c$, de $\alpha$ et de $\gamma$. Or il y a $h$ valeurs pour $c$, et $4D^2\Phi(2D)$ systèmes de valeurs pour $\alpha$, $\gamma$, avec (*loc. cit.*)

$$\Phi(2D) = 2D^2 \prod_{\delta'}\left(1 - \frac{1}{\delta'}\right)^2 \prod_{\delta''}\left(1 - \frac{1}{\delta''^2}\right),$$

$\delta'$ et $\delta''$ désignant respectivement les diviseurs premiers impairs ($> 1$) de D, tels que

$$\left(\frac{-P}{\delta'}\right) = +1 \qquad \text{et} \qquad \left(\frac{-P}{\delta''}\right) = -1;$$

on en conclut que *la limite du premier membre* de (1) est

$$\frac{1}{8PD^4}\, 2hD^2 \prod_{\delta'}\left(1 - \frac{1}{\delta'}\right)^2 \prod_{\delta''}\left(1 - \frac{1}{\delta''^2}\right) \cdot \frac{\pi}{2}\int\int_{\mathfrak{P}} \frac{dz_1\, dz_2}{[z_1^2 + z_2^2 - D]^2}.$$

Égalant cette limite à celle (2) du second membre, on trouve :

(7) $$4D\int\int_{\mathfrak{P}} \frac{dx\, dy}{[x^2 + y^2 - D]^2} = \pi DP \prod_{\delta}\left[1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right] \prod_{\varpi}\left[1 + \left(\frac{D}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right],$$

$\delta$ et $\varpi$ ayant la signification indiquée plus haut (n° 1).

On trouverait la même formule dans le cas de l'anneau $i\sqrt{P}$, pour $P \equiv 3 \pmod 4$).

4. *Interprétation géométrique du premier membre.* — Projetons le domaine $\mathfrak{P}$ sur la sphère $\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 - D = 0$, à partir du pôle sud de celle-ci, l'équateur étant le plan $\zeta = 0$; soient, dans le plan $\zeta = 0$ et sur la sphère, $x$, $y$, $0$ et X, Y, Z deux points en correspondance, $d\sigma$ et $d\Sigma$ deux éléments d'aire (euclidienne) correspondants autour de ces points; on trouve facilement

$$4D \frac{d\sigma}{(x^2+y^2-D)^2} = \frac{d\Sigma}{Z^2}.$$

Le premier membre de (7) est ainsi l'intégrale $\int\int \frac{d\Sigma}{Z^2}$ étendue à la projection stéréographique $\mathfrak{R}$, de $\mathfrak{P}$, sur la sphère, c'est donc, puisque $d\Sigma : Z^2$ est l'*élément d'aire non euclidienne dans le demi-espace de Poincaré*, l'aire non euclidienne de $\mathfrak{R}$. Cette aire, d'ailleurs, si l'on désigne par $n$ le nombre des côtés du domaine $\mathfrak{R}$, par $\Sigma\omega$ la somme de ses angles *euclidiens*, est $(n-2)\pi - \Sigma\omega$, et, comme les $n$ et les $\omega$ sont les mêmes pour $\mathfrak{P}$ et pour $\mathfrak{R}$, on arrive à la formule finale

$$(8) \qquad \mathcal{A} = \pi DP \prod_{\delta} \left[ 1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta} \right] \prod_{\varpi} \left[ 1 + \left(\frac{D}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi} \right],$$

où $\delta$ et $\varpi$ désignent respectivement les diviseurs premiers impairs ($> 1$) de D et de P. Quant à $\mathcal{A}$, il peut être regardé comme l'*aire non euclidienne du domaine* $\mathfrak{P}$, et a aussi l'expression simple $\mathcal{A} = (n-2)\pi - \Sigma\omega$, $n$ étant le nombre des côtés de $\mathfrak{P}$ et $\Sigma\omega$ la somme de ses angles *euclidiens*.

C'est l'extension, au corps ou à l'anneau $i\sqrt{P}$, de la formule donnée pour $P = 1$ dans la Note de 1918, rappelée ci-dessus au commencement du n° 1; elle s'applique également à $\mathfrak{P}'$, domaine du groupe $g$ à l'*intérieur* du cercle $\xi^2 + \eta^2 - D = 0$, car les $n$ et $\omega$ sont les mêmes pour $\mathfrak{P}'$ que pour $\mathfrak{P}$.

5. *Extension du groupe des automorphies de f.* — Au lieu des substitutions

$$|x, y; \quad \lambda x + D\nu_0 y, \; \nu x + \lambda_0 y|,$$

qui sont les automorphies de $xx_0 - Dyy_0$, nous considérerons des substitutions symboliques, analogues à celles introduites dans nos Notes des *Comptes rendus* (t. 170, 1920, p. 544 et 625),

$$\left| x, y; \quad \frac{\lambda}{\Lambda} x + D \frac{\nu_0}{\Lambda} y, \; \frac{\nu}{\Lambda} x + \frac{\lambda_0}{\Lambda} y \right|,$$

où l'on prend successivement pour A des idéaux ambigus, non équivalents, de $\mathfrak{S}$ (corps *ou* anneau $i\sqrt{P}$, selon que $P \equiv 1$, 2 *ou* 3 (mod 4) et où $\lambda$ et $\nu$ sont des entiers de A, tels que $\lambda\lambda_0 - D\nu\nu_0 = \mathfrak{N}A$.

Remplaçant $x$ et $y$ par les quantités indiquées dans la forme $xx_0 - Dyy_0$, et $x_0, y_0$ par les conjuguées, faisant ensuite au dénominateur $AA_0 = \mathfrak{N}A$, on vérifie immédiatement que la forme se reproduit exactement.

Le groupe à une variable correspondant qui sera, si l'on veut, celui des substitutions ordinaires

$$(\sigma) \qquad z' = (\lambda z + D\nu_0) : (\nu z + \lambda_0),$$

$\lambda$ et $\nu$ étant des entiers de l'un quelconque des idéaux choisis, A, et assujettis à vérifier

$$(9) \qquad \lambda\lambda_0 - D\nu\nu_0 = \mathfrak{N}A.$$

Les $(\sigma)$ forment un groupe que nous appellerons $(\gamma)$.

Je dis qu'il y a des $(\sigma)$ pour chaque A, c'est-à-dire des $\lambda$, $\nu$ vérifiant (9).

Soit d'abord $P \equiv 2$ ou 3 (mod 4); on pose $P = r_1 r_2$, avec $r_1 < r_2$, et l'on a pour les A [1] l'expression

$$A' = (r_1, i\sqrt{P}) \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{N}A' = r_1;$$

d'où

$$\lambda = r_1 x + i\sqrt{P}y; \qquad \nu = r_1 z + i\sqrt{P}t,$$

avec $x$, $y$, $z$, $t$ entiers ordinaires; et (9) s'écrit

$$r_1 x^2 + r_2 y^2 - D(r_1 z^2 + r_2 t^2) = 1,$$

équation soluble en nombres entiers [2] en vertu des hypothèses sur P et D.

Soit maintenant $P \equiv 1$ (mod 4); outre les A' ci-dessus, qui donnent lieu à la même conclusion, on a à considérer aussi les A'', avec

$$A'' = (2r_1, r_1 + i\sqrt{P}) \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{N}A'' = 2r_1;$$

d'où

$$\lambda = 2r_1 x + (r_1 + i\sqrt{P})y; \qquad \nu = 2r_1 z + (r_1 + i\sqrt{P})t,$$

et (9) s'écrit, toutes réductions faites :

$$2r_1 x^2 + 2r_1 xy + \frac{r_1 + r_2}{2} y^2 - D\left[2r_1 z^2 + 2r_1 zt + \frac{r_1 + r_2}{2} t^2\right] = 1,$$

qui est encore soluble en nombres entiers (*ibid.*).

---

(1) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 626.
(2) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 287.

Le nombre des A étant $2^{t-1}$, où $t$ désigne le nombre des facteurs premiers (distincts) du *discriminant du corps* $i\sqrt{P}$, on en conclut que $(\gamma)$ contient $g$ comme sous-groupe d'indice $2^{t-1}$.

6. *Formules fondamentales pour le groupe* $(\gamma)$. — Le groupe $(\gamma)$ a un domaine fondamental $\mathfrak{P}_1$ et un domaine $\mathfrak{P}'_1$, respectivement extérieur et intérieur à $\xi^2+\eta^2-D=0$; on les obtient simultanément par la méthode des circonférences $(\lambda, \nu)$; à chaque $(\sigma)$ correspond la circonférence de centre $\lambda : \nu$ et de rayon $\sqrt{\mathfrak{N}A : \nu\nu_0}$, dite $(\lambda, \nu)$; $\mathfrak{P}_1$ et $\mathfrak{P}'_1$ sont limités par de telles circonférences.

La formule (4) de la Note précédente [1] subsiste, le second membre étant divisé par $2^{t-1}$. Aucune difficulté ne peut provenir des sommets elliptiques de $\mathfrak{P}_1$ ou de $\mathfrak{P}'_1$, parce qu'aucun d'eux, $\zeta$, n'est du type $\zeta = x : y$, $x$ et $y$ entiers de $\mathfrak{S}$.

De même, la formule (8) ci-dessus devient

$$\mathcal{A}_1 = \pi \frac{DP}{2^{t-1}} \prod_{\delta} \left[1+\left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right] \prod_{\varpi} \left[1+\left(\frac{D}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right], \tag{10}$$

$\mathcal{A}_1$ désignant l'aire non euclidienne de $\mathfrak{P}_1$ (et de $\mathfrak{P}'_1$), et ayant d'ailleurs l'expression $(n_1-2)\pi - \Sigma\omega_1$, où $n_1$ est le nombre des côtés, $\Sigma\omega_1$ la somme des angles euclidiens de $\mathfrak{P}_1$ (ou de $\mathfrak{P}'_1$).

7. *Remarque.* — On ne trouve pas toujours, pour les angles de $\mathfrak{P}$ ou de $\mathfrak{P}_1$, des parties aliquotes de $\pi$; mais il est possible d'obtenir directement la valeur exacte de $\Sigma\omega$ ou de $\Sigma\omega_1$, en étudiant la correspondance des côtés de ces domaines et les cycles que forment leurs sommets.

Soient, par exemple, $P = 15$ et $D = 1$. La formule (10) donne

$$\mathcal{A}_1 = \frac{15\pi}{2}\,\frac{6}{5}\,\frac{4}{3} = 12\pi. \tag{11}$$

D'autre part, on trouve pour $\mathfrak{P}'_1$ un polygone de $n_1 = 26$ côtés, ayant six angles nuls. Aucun des sommets n'est point double de substitution elliptique de $(\gamma)$; en étudiant la correspondance des côtés, on constate que les côtés $(\lambda, \nu)$ et $(-\lambda_0, \nu)$ sont équivalents dans $(\gamma)$; on en déduit que les *vingt* sommets d'angles non nuls se répartissent en *six* cycles, dont deux comprennent *quatre* sommets, et les quatre autres *trois*. La somme des angles euclidiens, pour les sommets d'un même cycle, étant $2\pi$, on a ainsi

$$\Sigma\omega_1 = 12\pi, \qquad \text{d'où} \qquad (n_1-2)\pi - \Sigma\omega_1 = 24\pi - 12\pi = 12\pi,$$

*conformément à* (11).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 287.

M. **Paul Sabatier** fait hommage d'un Volume qu'il vient de publier sous le titre : *La catalyse en chimie organique.*

## CORRESPONDANCE.

MM. **Léon Bouthillon**, **Auguste Cros**, **Édouard Doublet**, **O. Duboscq**, **Joseph Franchini**, **F. Gagnepain**, **A. Guillet**, **Jacques de Lapparent**, **L. Léger**, **Roger Liouville**, **Jean Mascart**, **Paul Sollier**, **Jean Villey** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales singulières à noyau réel et symétrique.* Note (¹) de M. **T. Carleman**, présentée par M. E. Goursat.

Considérons des équations intégrales

$$\varphi(x) - 2\int_a^b K(x, y)\varphi(y)\,dy = f(x), \tag{1}$$

où le noyau réel et symétrique $K(x, y)$ jouit encore de la propriété qu'il y a un nombre fini de points $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$, tels que pour

$$|x-\xi_\nu| > \delta \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n) \text{ (}^2\text{)},$$

l'intégrale

$$K(x)^2 = \int_a^b K(x, y)^2\,dy$$

existe et représente une fonction bornée, quel que soit $\delta$ (³). Nous nous proposons ici de faire voir que ces équations se groupent naturellement en deux classes distinctes avec des propriétés très différentes.

(¹) Séance du 9 août 1920.

(²) Si le domaine d'intégration est infini, il faut ajouter la condition $|x| < \frac{1}{\delta}$.

(³) Si $a$ ou $b$ est infini, nous ajoutons les conditions

$$|x| < \frac{1}{\delta}, \qquad |y| < \frac{1}{\delta}.$$

Dans ce qui suit, nous aurons à utiliser fréquemment le lemme suivant, dû à M. F. Riesz.

*Lemme* R. — Soient $f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x), g_1(x), g_2(x), \ldots, g_n(x)$ deux suites de fonctions à carré intégrable qui tendent vers des limites $f(x)$ et $g(x)$ presque partout. Alors on peut faire tendre $n$ vers l'infini sous le signe d'intégration dans l'intégration $\int_a^b f_n(x) g_n(x)\,dx$ pourvu qu'il existe une fonction $h(x)$ à carré intégrable et une constante C tels que, pour toute valeur de $n$, on ait

$$|f_n(x)| < h(x), \qquad \int_a^b |g_n(x)|^2 < \mathrm{C}.$$

On ne peut pas remplacer la première condition par

$$\int_a^b |f_n(x)|^2\,dx < \mathrm{C}.$$

Introduisons maintenant un noyau $\mathrm{K}_\delta(x, y)$ qui ne diffère de $\mathrm{K}(x, y)$ que pour $|x - \xi_\nu| < \delta$ et pour $|y - \xi_\nu| < \delta\,(\nu = 1, 2, \ldots, n)$.

Pour ces valeurs on aura par définition $\mathrm{K}_\delta(x, y) = 0$. Si l'on remplace dans (1) $\mathrm{K}(x, y)$ par $\mathrm{K}_\delta(x, y)$, on obtient une équation qui, pour

$$\lambda = \alpha + i\beta \qquad (\beta \neq 0),$$

admet une solution $\varphi_\delta(x)$, satisfaisant, comme le montre un calcul facile, à l'inégalité

$$\int_a^b |\varphi_\delta(x)|^2\,dx \leqq \left|\frac{\lambda}{\beta}\right|^2 \int_a^b |f(x)|^2\,dx. \tag{2}$$

Nous en obtenons, au moyen de l'équation intégrale, pour $\varphi_\delta(x)$ l'inégalité

$$|\varphi_\delta(x)| < |f(x)| + \frac{|\lambda|^2}{|\beta|}\mathrm{K}(x)\sqrt{\int_a^b |f(x)|^2\,dx}.$$

Le second membre étant indépendant de $\delta$, on peut, par un procédé connu, trouver une suite $\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_\nu$ telle que $\lim\limits_{\nu=\infty} \varphi_{\delta_\nu}(x) = \varphi(x)$ existe pour $x \neq \xi_\mu\,(\mu = 1, 2, \ldots, n)$; $\varphi(x)$ est à carré intégrable et satisfait en vertu du lemme R à l'équation (1). Donc : *pour toute valeur non réelle de* $\lambda$ *et pour toute fonction* $f(x)$ *à carré intégrable, l'équation* (1) *admet une solution* $\varphi(x)$ *à carré intégrable*. Supposons maintenant que pour une valeur complexe $\lambda^*$

l'équation homogène

$$\varphi(x) - \lambda^* \int_a^b K(x, y)\varphi(y)\,dy = 0$$

n'ait pas d'autre solution à carré intégrable que $\varphi(x) = 0$.

Désignons par $T(f)$ l'unique solution, toujours existante, de (1) pour $\lambda = \lambda^*$. En introduisant le noyau $K_\delta(x, y)$, on peut grâce au lemme R, par un passage à la limite approprié, démontrer l'égalité

$$(3) \qquad \int_a^b T(f_1) f_2\,dt = \int_a^b T(f_2) f_1\,dt,$$

$f_1$ et $f_2$ étant deux fonctions à carré intégrable quelconque.

Nous disons que $\lambda$ est une *valeur caractéristique* de $K(x, y)$ s'il existe une fonction $\varphi(x)$ à carré intégrable non identiquement nulle (*fonction fondamentale*) qui satisfait à l'égalité $\varphi(x) - \lambda \int_a^b K(x,y)\varphi(y)\,dy = 0$.

Démontrons maintenant le théorème suivant : *Ou bien toute valeur caractéristique du noyau* $K(x, y)$ *est réelle, ou bien tout nombre non réel est une valeur caractéristique pour* $K(x, y)$. Supposons en effet qu'il y ait une valeur complexe non caractéristique $\lambda^*$ et une autre valeur $\lambda$ à laquelle corresponde une fonction fondamentale $\varphi(x)$. On vérifie facilement qu'on a

$$\left(1 - \frac{\lambda^*}{\lambda}\right) T(\varphi) = \varphi \qquad \text{et} \qquad \left(1 - \frac{\lambda^*}{\bar\lambda}\right) T(\bar\varphi) = \bar\varphi.$$

Donc en vertu de (3)

$$(4) \qquad \frac{1}{1 - \frac{\lambda^*}{\lambda}} \int_a^b \varphi\bar\varphi\,dx = \frac{1}{1 - \frac{\lambda^*}{\bar\lambda}} \int_a^b \varphi\bar\varphi\,dx;$$

d'où $\lambda = \bar\lambda$, ce qui prouve le théorème. Il est commode de grouper les noyaux considérés en *deux classes I et II*, suivant que la première ou la seconde partie de l'énoncé précédent est applicable. L'exemple suivant nous montre qu'*il y a effectivement des noyaux qui appartiennent à la classe II.* Définissons, comme il suit, un noyau $K(x, y)$

$$K(x,y) = a^n \begin{cases} \text{pour} \quad n < x < n+1 \quad \text{et} \quad n < y < n+1 \\ \quad \text{»} \quad n-1 < y < n \quad \text{»} \quad n-1 < x < n \end{cases}$$
$$(n = 1, 2, \ldots, a > 1)$$
$$K(x,y) = 0 \text{ partout ailleurs.}$$

Il nous suffit de constater que les équations $x_1 = 1$, $x_1 - \lambda a x_2 = 0$, $x_{n+1} - \lambda(a^n x_n + a^{n+1} x_{n+2}) = 0$ $(n = 1, 2, \ldots)$ définissent une suite $x_1$, $x_2, \ldots, x_n, \ldots$ telle que $\sum_{\nu=1}^{\infty} |x_\nu|$ est convergente pour $\lambda \neq 0$.

Signalons encore le théorème suivant qui n'est qu'un cas particulier d'une proposition plus générale : *On ne change pas la classe d'un noyau en lui ajoutant un noyau borné.*

Pour les noyaux de la classe I, deux fonctions fondamentales qui correspondent à des valeurs caractéristiques différentes sont orthogonales l'une à l'autre, ce qui n'a pas lieu en général si le noyau est de la classe II.

MÉCANIQUE. — *Déformation d'un ressort en hélice dont les extrémités sont encastrées.* Note [1] de M. **Galbrun**, présentée par M. G. Kœnigs.

Un ressort, dont la fibre neutre à l'état naturel est une hélice circulaire, éprouve, sous l'action d'une force parallèle à l'axe du cylindre portant l'hélice, de petites déformations, qui dépendent d'une équation différentielle du quatrième ordre [2]; en reprenant les notations d'une Note précédente, la solution générale de cette équation s'écrit

$$\delta\theta = l_0 - H_2 + f(\psi), \tag{1}$$

avec

$$f(\psi) = l_1 e^{\gamma_1 \psi} + l_2 e^{\gamma_2 \psi} + l_3 e^{\gamma_3 \psi} + l_4 e^{\gamma_4 \psi}.$$

Dans le cas de la compression, on a

$$\gamma_1 = i(1 + \beta - \alpha), \qquad \gamma_2 = -i(1 + \beta - \alpha),$$
$$\gamma_3 = i(1 - \beta - \alpha), \qquad \gamma_4 = -i(1 - \beta - \alpha),$$

avec

$$\beta = \frac{1}{2}\sqrt{-b(L + M)}, \qquad \alpha = \frac{1}{8} b(L - M).$$

Dans le cas de la traction, on a

$$\gamma_1 = \beta + i(1 - \alpha), \qquad \gamma_2 = \beta - i(1 - \alpha),$$
$$\gamma_3 = -\beta + i(1 - \alpha), \qquad \gamma_4 = -\beta - i(1 - \alpha),$$

---

(1) Séance du 9 août 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 191.

avec

$$\beta = \frac{1}{2}\sqrt{b(\mathrm{L}+\mathrm{M})}, \qquad \alpha = \frac{1}{8}\,b(\mathrm{L}-\mathrm{M}).$$

Les quantités L et M, données par les formules indiquées précédemment, ne dépendent que du pas de l'hélice et des trois rayons de giration; la quantité $b$ a pour expression

$$b = \frac{\mathrm{G}_3\mathrm{R}^2}{\mathrm{E}\sigma\sin^2\theta},$$

où $\mathrm{G}_3$ est la composante parallèle à l'axe du cylindre de la force agissant sur l'extrémité du ressort; ses composantes $\mathrm{G}_1$ et $\mathrm{G}_2$ suivant deux axes rectangulaires de la section droite sont telles que les rapports $k_1 = \frac{\mathrm{G}_1}{\mathrm{G}_3}$, $k_2 = \frac{\mathrm{G}_2}{\mathrm{G}_3}$, restent très petits.

Le problème intéressant dans la pratique est de trouver les expressions des composantes $\delta x$, $\delta y$, $\delta z$ du déplacement de l'une des extrémités du ressort par rapport à l'autre sous l'action de la force $\mathrm{G}_1$, $\mathrm{G}_2$, $\mathrm{G}_3$; nous nous plaçons ici dans le cas où ces extrémités, situées à l'état naturel sur une même génératrice du cylindre, sont encastrées de telle sorte que les quantités $\delta\theta$, $\delta\varphi$, $\delta\psi$ y sont constamment nulles.

Deux remarques permettent de simplifier les calculs; la quantité $b$ est dans la pratique assez petite pour que le module de $e^{\alpha\psi}$ ou $e^{i\alpha\psi}$ reste négligeable devant l'unité, tout le long de la fibre neutre pourvu que le nombre $n$ de spires du ressort ne soit pas trop considérable; pour la même raison, on peut négliger les termes proportionnels à la seconde puissance de $b$ et aux puissances supérieures.

En écrivant que les expressions de $\delta\theta$ et $\delta\varphi$ ainsi simplifiées sont nulles pour $\psi = 0$ et $\psi = 2n\pi$, on obtient les expressions des quatre constantes d'intégration $l_1$, $l_2$, $l_3$, $l_4$ et l'on trouve dans le cas de la compression

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} \delta x &= 2\mathrm{R}k_1\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\,n\pi\left(1-\frac{2}{\gamma}\tang\frac{\gamma}{2}\right),\\ \delta y &= 2n\pi\mathrm{R}\frac{a_0}{m_1} + 2n\pi k_2\mathrm{R}\frac{\cos\theta}{\sin\theta} + 2\mathrm{R}\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\,\frac{l_0-k_2}{\beta}\tang\frac{\gamma}{2},\\ \delta z &= -2\mathrm{R}\left[n\pi l_0 + \frac{2\varkappa^2 m_3\beta(l_0-k_2)\tang\frac{\gamma}{2}}{\lambda^2\delta^2\left(1+\frac{k^2 m_3}{\lambda^2\delta^2}\right)}\right]\end{aligned}\right.$$

et dans celui de la traction

$$(2')\quad \left\{\begin{aligned} \delta x &= 2\mathrm{R}k_1\frac{\cos\theta}{\sin\theta}n\pi\left(1-\frac{2}{\gamma}\,\mathrm{th}\frac{\gamma}{2}\right),\\ \delta y &= 2n\pi\mathrm{R}\frac{a_0}{m_1}+2n\pi k_2\mathrm{R}\frac{\cos\theta}{\sin\theta}+2\mathrm{R}\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\,\frac{l_0-k_2}{\beta}\,\mathrm{th}\frac{\gamma}{2},\\ \delta z &= -2\mathrm{R}\left[n\pi l_0-\frac{2\varkappa^2 m_3\beta(l_0-k_2)\,\mathrm{th}\frac{\gamma}{2}}{\lambda^2\mathfrak{I}^2\left(1+\frac{k^2 m_3}{\lambda^2\delta^2}\right)}\right]\end{aligned}\right.$$

avec

$$m_1=\cos\theta\sin\theta(\lambda^2-\mathfrak{I}^2),\qquad m_2=\lambda^2\cos^2\theta+\mathfrak{I}^2\sin^2\theta,\qquad m_3=\lambda^2\sin^2\theta+\mathfrak{I}^2\cos^2\theta,$$
$$a_0=l_0(m_2+b\cos\theta)+b\sin\theta,\qquad \gamma=2n\pi\beta.$$

Ces expressions ne contiennent plus que la constante d'intégration $l_0$; pour la calculer on écrit que la différence des valeurs de $\delta\psi$ pour $\psi=0$ et $\psi=2n\pi$ est nulle; on obtient alors les expressions (3) et (3') :

$$\text{Compression (3)}\quad \left\{\begin{aligned} \delta x &= 2n\pi\mathrm{R}k_1\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\left(1-\frac{2}{\gamma}\,\mathrm{tang}\frac{\gamma}{2}\right),\\ \delta y &= 2n\pi\mathrm{R}k_2\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\left(1-\frac{2}{\gamma}\,\mathrm{tang}\frac{\gamma}{2}\right)-2\,\mathrm{tang}\frac{\gamma}{2}\,\frac{b\cos\theta\mathrm{R}}{m_2\beta},\\ \delta z &= \frac{2\mathrm{R}}{m_2}\left\{b\sin\theta\left[n\pi+\frac{2\varkappa^2\beta\,\mathrm{tang}\frac{\gamma}{2}}{m_2\left(1+m_3\frac{k^2}{\lambda^2\mathfrak{I}^2}\right)}\right]+2\varkappa^2\frac{k_2\beta\,\mathrm{tang}\frac{\gamma}{2}}{1+m_3\frac{k^2}{\lambda^2\mathfrak{I}^2}}\right\};\end{aligned}\right.$$

$$\text{Traction (3')}\quad \left\{\begin{aligned} \delta x &= 2n\pi\mathrm{R}k_1\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\left(1-\frac{2}{\gamma}\,\mathrm{th}\frac{\gamma}{2}\right),\\ \delta y &= 2n\pi\mathrm{R}k_2\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\left(1-\frac{2}{\gamma}\,\mathrm{th}\frac{\gamma}{2}\right)-2\,\mathrm{th}\frac{\gamma}{2}\,\frac{b\cos\theta\mathrm{R}}{m_2\beta},\\ \delta z &= \frac{2\mathrm{R}}{m_2}\left\{b\sin\theta\left[n\pi-\frac{2\varkappa^2\beta\,\mathrm{th}\frac{\gamma}{2}}{m_2\left(1+m_3\frac{k^2}{\lambda^2\mathfrak{I}^2}\right)}\right]-2\varkappa^2\frac{k_2\beta\,\mathrm{th}\frac{\gamma}{2}}{1+m_3\frac{k^2}{\lambda_2\mathfrak{I}_2}}\right\}.\end{aligned}\right.$$

A cet ordre d'approximation on trouverait les mêmes expressions en supposant que, pour $\psi=2n\pi$, la section droite du ressort peut tourner autour de l'axe du cylindre, c'est-à-dire que la composante suivant cet axe du couple agissant sur la section est nulle.

Les formules (3) et (3') montrent que dans le cas où la force agissant sur l'extrémité du ressort est parallèle à l'axe du cylindre ($k_1=k_2=0$),

l'extrémité se déplace dans le plan tangent au cylindre; de plus, quand le pas est petit, c'est-à-dire $\theta$ voisin de $\frac{\pi}{2}$, la partie principale de $\delta z$ est

$$\delta_2 = \frac{2 R n \pi b}{\mathfrak{G}^2},$$

formule usuelle indiquée dans les Traités de Mécanique appliquée.

INSTRUMENTS DE MESURE. — *Sur une nouvelle classe d'appareils de mesure pour l'évaluation directe des grandeurs fonctions de deux variables.* Note de MM. **L. Barbillion** et **M. Dugit**, présentée par M. A. Rateau.

Les appareils à deux aiguilles rectilignes (wattmètres et fréquencemètres Ferrié-Carpentier par exemple) réalisent, comme on le sait, pratiquement et commodément, dans certains cas particuliers, la mesure directe d'une fonction de deux variables.

L'erreur de parallaxe, l'indétermination du point d'intersection des deux aiguilles rectilignes qui se coupent sous des angles variables, la répartition des courbes isolignes sur le cadran, imposée par la forme de la fonction à mesurer et les liaisons mécaniques de l'appareil, limitent nécessairement la précision des lectures et la valeur des mesures.

Cette Note a pour objet la présentation d'une nouvelle classe d'appareils à deux aiguilles. Ils se distinguent des précédents (instruments à deux aiguilles rectilignes tournant autour d'axes distincts) par l'emploi, soit de deux aiguilles curvilignes de formes particulières, soit d'un système composé le plus généralement d'une aiguille curviligne et d'une aiguille rectiligne. Les aiguilles tournent autour d'un axe commun.

L'erreur de parallaxe est considérablement atténuée. Les rotations des aiguilles autour de l'axe commun ne sont plus nécessairement limitées à des angles de valeurs déterminées pour sauvegarder la précision des mesures, la possibilité des lectures et les dimensions des cadrans.

On dispose, d'autre part, sans complication mécanique aucune, de la forme et de la répartition des courbes isolignes.

Soit, en effet,

$$Q = F(\lambda, \mu) \tag{1}$$

une grandeur fonction de deux variables $\lambda$ et $\mu$. Proposons-nous de la mesurer avec un instrument à deux aiguilles constituées par deux courbes

matérielles $C_1$ et $C_2$ dont les équations en coordonnées polaires sont

$$(2) \qquad \begin{cases} \omega = f(\rho) & C_1, \\ \omega = g(\rho) & C_2. \end{cases}$$

Ces courbes tournent autour de leur pôle commun d'angles fonctions de $\lambda$ et de $\mu$. De la sorte, les coordonnées des points d'intersection des courbes $C_1$ et $C_2$ satisfont à chaque instant aux équations suivantes :

$$(3) \qquad \begin{cases} \omega = \Phi(\rho, \lambda, \mu), \\ \omega = \Psi(\rho, \lambda, \mu). \end{cases}$$

L'élimination de $\lambda$ et $\mu$ entre l'équation (1) et les équations (3) donne

$$(4) \qquad Q = \Theta(\rho, \omega),$$

lieu des points d'intersection des aiguilles pour chaque valeur de Q. Le réseau des courbes Q constitue la graduation.

On peut disposer des fonctions $f$ et $g$ pour que l'intersection des aiguilles soit graphiquement bien déterminée et pour que le réseau des isolignes comporte des courbes espacées le plus régulièrement possible.

L'emploi de deux arcs de spirales logarithmiques ou d'une droite et d'une spirale logarithmique réalisent notamment des systèmes dans lesquels sera parfaitement défini le point d'intersection des aiguilles.

En général, les courbes $C_1$ et $C_2$ sont telles que, pour des rotations comprises entre 0° et 360°, elles se coupent toujours une seule fois dans le plan du cadran.

Les appareils de cette classe s'accommodent fort bien de la forme circulaire ordinairement adoptée dans les appareils de mesure usuels. Ils ne supposent aucune difficulté spéciale de construction. La réalisation d'axes concentriques est d'un emploi courant en horlogerie.

Quant à la fabrication des aiguilles, c'est affaire de matrices de découpage ou de gabarits de mise en forme, soigneusement établie. Il est toujours possible, d'autre part, de vérifier, à chaque instant, par des procédés simples, la permanence de la forme des aiguilles. On peut les construire très légères en employant le celluloïd, la fibre. Mais les aiguilles métalliques filiformes donnent de bons résultats.

Nombreuses sont les applications de ce principe. Nous en citerons deux.

1° *Appareil indicateur de vitesse relative pour aéronef.* — Un organe barométrique mesure la pression $P_1$ de l'atmosphère; un organe manométrique la dépression $P_1 - P_2$ au col d'un ajutage de Venturi. Ces organes

commandent respectivement une aiguille curviligne (spirale logarithmique, en général) et une aiguille rectiligne coaxiale. Les courbes isolignes satisfont à la condition

$$\frac{P_1 - P_2}{a} = \text{const.}$$

($P_1 - P_2 = KaV^2$, $a$ densité de l'air, V vitesse cherchée, K constante dépendant de l'ajutage).

L'instrument réunit, sans confusion, sur le même cadran, les indications suivantes :

1° Le produit $aV^2$ (aiguille rectiligne manométrique) ;

2° La pression barométrique (aiguille barométrique) ;

3° La vitesse relative, corrigée de l'erreur de densité, par la position de l'intersection des deux aiguilles.

Resterait, pour être rigoureux, à faire la correction de température. En première approximation, on peut construire le réseau des isolignes en adoptant une loi moyenne de répartition des températures aux diverses altitudes. Tant que la température, au moment de la mesure, ne s'écarte pas en valeur absolue de plus de 5° C. de la température moyenne admise, la correction à faire est inférieure au $\frac{1}{100}$ de la lecture. Or, au-dessus de $2500^{\text{m}}$, les sondages ne révèlent pas plus de 5° C. pour de tels écarts.

Dans une évaluation au $\frac{1}{100}$ près, la correction de température ne s'impose qu'aux faibles altitudes. On peut la faire au moyen des tables à double entrée établies en fonction des vitesses lues V et de la température. On l'a aussi réalisée automatiquement en décalant convenablement l'une des deux aiguilles par un mécanisme différentiel que commande un relais thermométrique.

2° *Contrôles de la carburation dans les moteurs à explosions.* — Le bon fonctionnement et le rendement normal du moteur à explosions exigent que les proportions en poids d'air et d'essence du mélange explosif soient définies et constantes.

Le poids de l'air dépend de sa densité, le poids de l'essence de la dépression sous laquelle elle est débitée. La condition de carburation constante se traduit par une relation entre la pression extérieure $P_1$ et la dépression $P_1 - P_2$ sur l'essence.

L'indicateur de carburation est de tous points analogue à l'appareil précédent. Il combine, sur un même cadran, les indications d'un organe barométrique et celles d'un organe manométrique. Les aiguilles se croisent sur

une courbe, tracée dans le plan du cadran, et représentant le lieu des points d'intersection correspondant au dosage donné.

L'adjonction d'un connecteur sur la dépression au-dessus de l'essence permet de modifier convenablement le dosage du mélange explosif, moyen plus simple et plus sûr que l'automaticité, souvent illusoire, de la plupart des carburateurs.

*Remarque importante.* — Si l'on admet que la vitesse d'écoulement de l'air à travers un ajutage est inversement proportionnelle à la racine carrée de la densité, les relations qui expriment les conditions de carburation constante sont indépendantes de la température extérieure.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les pouvoirs absorbants des atmosphères des étoiles. Méthode permettant de les comparer et d'en déterminer les valeurs numériques minima. Premiers résultats.* Note [1] de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Bigourdan.

On ne possède jusqu'ici aucune donnée sur les valeurs des pouvoirs absorbants des atmosphères des étoiles.

Je me propose de montrer qu'on peut aborder ce problème et y obtenir des données quantitatives en utilisant d'une part les résultats déjà obtenus sur les températures effectives des étoiles, d'autre part l'expression que j'ai donnée naguère (*Comptes rendus,* t. 156, 1913, p. 664), qui indique le rendement lumineux du « corps noir » aux températures élevées, et enfin les résultats expérimentaux récemment obtenus par M. Coblentz concernant le rayonnement thermique de diverses étoiles (*Lick Obs.*, Bull. n° 266).

Le rendement lumineux du « corps noir » aux températures élevées, c'est-à-dire le rapport de son rayonnement lumineux à son rayonnement total, peut, comme je l'ai montré (*loc. cit.*), être exprimé, à un facteur constant près, par

$$R = \frac{A}{\left(e^{\frac{K}{T}} - 1\right)T^4}, \qquad (1)$$

où T est la température absolue et $K = \frac{14600}{0,54} = 27000$.

Si l'on construit une courbe représentative de R calculé par la formule (1) et correspondant à diverses valeurs de T, on trouve que cette courbe

(1) Séance du 9 août 1920.

partant de zéro passe par un maximum correspondant à la température effective du Soleil et redescend assez rapidement pour des températures croissantes.

Le rendement lumineux du corps noir diminue donc assez rapidement à mesure que la température s'élève au-dessus de celle du Soleil. Si les étoiles étaient, au point de vue de la composition de leur rayonnement, assimilables rigoureusement à des « corps noirs », il en serait de même pour elles. Or les mesures faites récemment par M. Coblentz sur certaines étoiles au moyen du « Crossley Reflector » et d'une pile thermo-électrique ultrasensible, permettent de voir à cet égard ce qu'il en est pour celles de ces étoiles dont les températures effectives sont connues.

Si (comme l'a fait M. Frost, *Popular Astronomy*, vol. 24, p. 136) nous ramenons les déviations de la pile thermo-électrique obtenues par M. Coblentz pour les diverses étoiles étudiées à ce qu'elles seraient si toutes ces étoiles avaient la même grandeur stellaire, c'est-à-dire le même éclat apparent, on obtient des nombres qui sont inversement proportionnels au rendement lumineux de ces étoiles.

La comparaison de ces rendements lumineux réels (que j'appellerai L pour simplifier) avec les rendements lumineux du « corps noir » correspondant aux températures effectives de ces étoiles, et que j'ai appelé R ci-dessus, fournit des renseignements fort remarquables.

Tout d'abord cette comparaison montre que les valeurs de L diminuent comme les valeurs de R en passant des étoiles du type solaire (type G de Harvard) aux étoiles plus froides. La courbe figurative des L a pour ces classes d'étoiles la même allure que la courbe des R. Il n'en est plus de même lorsqu'on passe des étoiles du type solaire (G) aux étoiles plus chaudes (type F, A, B de Harvard). En passant du type G au type B, le rendement lumineux augmente en moyenne, alors qu'il devrait théoriquement diminuer. En fait donc, les étoiles du type solaire, comparées aux étoiles plus chaudes, émettent proportionnellement moins de lumière et plus de chaleur que si elles étaient assimilables à des radiateurs intégraux. Or on a montré [1] que le soleil, à cause de son atmosphère, n'émet pas quantitativement le rayonnement qu'on calculerait d'après sa température effective, mais un rayonnement plus grand.

Il est clair que, pareillement, ce sont les différences existant entre les pouvoirs absorbants des atmosphères stellaires qui doivent être les causes

[1] *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 448.

principales, sinon exclusives, des différences constatées entre les valeurs relatives des rendements lumineux réels et théoriques de ces étoiles.

Or l'absorption générale d'une atmosphère gazeuse peut être, comme l'a montré lord Rayleigh, attribuée à la diffusion des rayons sur les molécules. L'accord de la théorie avec les faits a été démontré dans le cas des atmosphères terrestre et solaire et l'on peut la considérer comme bien établie. Cette absorption générale atmosphérique (qui croît des petites aux grandes longueurs d'onde) doit donc avoir les mêmes caractères dans les étoiles.

Étant donné d'ailleurs que l'absorption globale est plus faible que l'absorption des rayons lumineux, ainsi qu'il a été constaté dans le cas des atmosphères du Soleil et de la Terre, et conformément à la théorie de Rayleigh, il résulte des constatations précédentes, que *l'absorption générale des atmosphères des étoiles décroît, en moyenne, régulièrement, lorsqu'on passe des étoiles solaires aux étoiles plus chaudes.*

Sans entrer à cet égard dans des détails qui seront développés ailleurs, les données suivantes, relatives à quelques étoiles particulières, montrent comment on peut serrer quantitativement le problème de plus près encore.

Le Tableau suivant se rapporte à six des étoiles dont le rayonnement global a été mesuré par M. Coblentz, et dont les températures effectives mesurées par moi, puis (par une autre méthode) par M. Rosenberg, ont fourni des nombres assez concordants, sauf pour α Lyre [1].

Dans ce Tableau, L indique (à un facteur près) le rendement lumineux déduit des mesures de Coblentz, et $R_N$ et $R_R$ les rendements lumineux théoriques déduits des températures effectives de Nordmann et de Rosenberg. On a choisi l'unité arbitraire, utilisée dans ce Tableau, de manière que les valeurs de R et L concordent pour α Cocher.

| Nom de l'étoile. | Température effective. Nordmann. | Rosenberg. | L. | $R_N$. | $R_R$. | $R = \frac{R_N + R_R}{2}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| δ Persée......... | 18500° | 15500° | 62 | 21 | 36 | 28 |
| β Persée......... | 13300 | 12000 | 56 | 48 | 57 | 52 |
| α Lyre.......... | 12200 | 22000 | 119 | 55 | 13 | 34 |
| α Persée......... | 8300 | 6500 | 59 | 83 | 89 | 86 |
| α Petite Ourse... | 8200 | 5200 | 165 | 84 | 75 | 79 |
| γ Cygne......... | 5620 | 5100 | 119 | 83 | 74 | 78 |
| α Cocher........ | 4720 | 4500 | 63 | 65 | 61 | 63 |

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1315.

On voit que si, en moyenne, le pouvoir absorbant des atmosphères stellaires croît en passant des étoiles les plus chaudes aux étoiles solaires, il y a des écarts individuels à cette règle.

Soient d'ailleurs $L_1$ et $R_1$, $L_2$ et $R_2$ les valeurs respectives de L et R pour deux étoiles (des types stellaires considérés), et tels que $\frac{L_1}{R_1} > \frac{L_2}{R_2}$. Désignons par $n$ le rapport de $\frac{L_1}{R_1}$ à $\frac{L_2}{R_2}$.

Soient $p_T$ le coefficient de transmission global de l'atmosphère terrestre et $p_V$ le coefficient de transmission de cette atmosphère pour les rayons visuels. On voit facilement que l'atmosphère de la deuxième étoile équivaut, au point de vue de son pouvoir absorbant, au minimum à un nombre $x$ d'atmosphères terrestres, $x$ étant donné par

$$\log n = x(\log p_T - \log p_V).$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cas d'isomérie dans la série des α-cétoacides aromatiques.* Note [1] de MM. **H. Gault** et **R. Weick**, transmise par M. Haller.

Nous avons montré, dans une Communication récente [2], que l'éther phénylpyruvique peut être obtenu sous deux formes isomériques : l'une α solide (F. = 51°), l'autre β liquide ($E_{15} = 149°$). Au cours de l'étude approfondie de ces deux isomères, nous sommes parvenus, sous la simple action d'une solution d'acétate de sodium sur l'éther liquide β, à isoler une troisième modification γ. Le rendement en éther γ ne dépasse d'ailleurs pas 30 pour 100, la réaction fournissant simultanément une proportion importante d'éther phénylbenzyl-cétobutyrolactone carbonique :

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\qquad\quad COOC^2H^5 \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \\ C^6H^5 - CH^2 - C \text{——} O \diagdown \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \qquad\qquad\quad \rangle CO \\ \qquad\quad C^6H^5 - CH - CO \diagup \end{array}$$

L'éther γ est solide (F. = 79°), stable à l'air, peu soluble dans l'alcool éthylique à froid et, à la différence des éthers α et β, n'est pas coloré par le perchlorure de fer. Il fournit, par contre, les mêmes dérivés (phénylhydrazone, semicarbazone, combinaison bisulfitique) que ses deux isomères, et

(1) Séance du 9 août 1920.

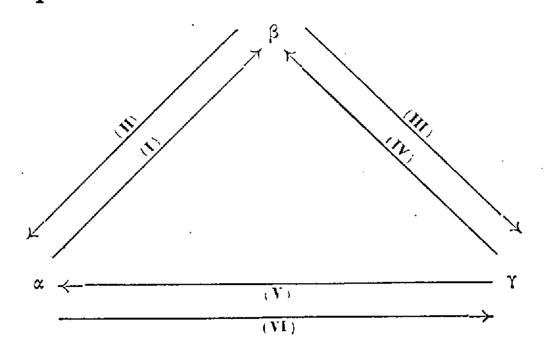
(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1392.

les déterminations analytiques ne laissent aucun doute sur sa constitution élémentaire. Toutefois, contrairement à ce que nous avons observé dans le cas des éthers α et β, les déterminations du poids moléculaire par voie cryoscopique donnent, en milieu benzénique, des résultats anormaux :

| | |
|---|---|
| Cryoscopie dans l'acide acétique | 195 |
| Cryoscopie dans le benzène | 376, 364, 366 |
| Calculé pour $C^{11}H^{12}O^{3}$ | 192 |

Il se produit donc, en milieu benzénique, une association moléculaire certaine.

Les trois modifications α, β, γ donnent lieu à toute une série de transformations réciproques :




(I) et (IV) : les éthers α et γ se transforment en éther β par distillation lente sous pression réduite ; (II) et (V) : les éthers β et γ, en solution éthérée, se transforment en éther α par agitation avec une solution de carbonate de sodium ; (III) : l'éther β se transforme en éther γ sous l'action directe d'une solution d'acétate de sodium ; (VI) : nous n'avons pu réaliser jusqu'à présent le passage (VI).

Nous avons entrepris d'établir la constitution réelle de ces trois formes isomériques en nous adressant tout d'abord aux méthodes purement chimiques.

Nous nous sommes en particulier demandé, en nous basant sur la stabilité relative des trois éthers et sur les phénomènes de coloration observés avec le perchlorure de fer, si les formes α et β, peu stables et donnant une réaction positive, ne pourraient être considérées comme deux formes énoliques isomères géométriques :

$$\begin{array}{c} C^6H^5-C-H \\ \| \\ C^2H^5OOC-C-OH \end{array} \qquad \begin{array}{c} C^6H^5-C-H \\ \| \\ HO-C-COOC^2H^5 \end{array}$$

la forme $\gamma$ très stable et donnant une réaction négative, ne serait autre, dans ces conditions, que la forme cétonique :

$$C^6H^5.CH^2.CO.COOC^2H^5.$$

Nous avons essayé de vérifier directement cette double hypothèse par l'emploi de deux méthodes chimiques : action de l'isocyanate de phényle et fixation du brome.

1° L'action de l'isocyanate de phényle ne nous a pas donné de résultat concluant : nous n'avons pu isoler les phényluréthanes correspondants et il semble probable que la chaîne carbonée se coupe.

2° L'action du brome sur les trois modifications $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ nous a, par contre, fourni des indications positives.

*a*. Alors que le titrage direct par la méthode de K. Meyer semble difficilement applicable, la bromuration des éthers $\alpha$ et $\beta$ (I) en solution sulfocarbonique à $-15°$ conduit immédiatement, par contre, à un dérivé d'addition dibromé, incolore et parfaitement cristallisé (II).

Pendant toute la durée de la réaction, on n'observe aucun dégagement d'acide bromhydrique. Ce dérivé dibromé fond vers 55°-60° en tube fermé. Il ne colore pas le perchlorure de fer et ne fournit pas de phénylhydrazone. Il se décompose très rapidement à température ordinaire en perdant de l'acide bromhydrique et en se transformant en un dérivé monobromé liquide (III) ($E_{20} = 184°$) fournissant une phénylhydrazone (F. = 106°).

Cette double réaction de fixation et de dédoublement successif, les dosages de C, H, Br et la détermination du poids moléculaire nous conduisent à admettre le cycle de réactions suivant :

$$\underset{\text{(I).}}{C^6H^5-CH=\underset{\substack{|\\ OH}}{C}-COOC^2H^5} \rightarrow \underset{\text{(II).}}{C^6H^5-\overset{\substack{Br\\ |}}{C}H-\overset{\substack{Br\\ |}}{\underset{\substack{|\\ OH}}{C}}-COOC^2H^5}$$

$$\underset{\text{(II).}}{C^6H^5-\overset{\substack{Br\\ |}}{C}H-\overset{\substack{Br\\ |}}{\underset{\substack{|\\ OH}}{C}}-COOC^2H^5} \rightarrow \underset{\text{(III).}}{C^6H^5-CHBr-CO-COOC^2H^5}$$

qui fournit une preuve directe à l'appui de la constitution énolique des formes $\alpha$ et $\beta$. La facilité avec laquelle on peut séparer, à basse température, le dérivé dibromé correspondant (II) est particulièrement intéressante : c'est, à notre connaissance, le premier dérivé d'addition dibromé énolique qui ait pu être isolé.

La bromuration des éthers $\alpha$ et $\beta$ en solution sulfocarbonique à température ordinaire conduit directement au dérivé monobromé liquide ($E_{20} = 184°$).

*b*. La bromuration de l'éther $\gamma$ en solution sulfocarbonique ne s'effectue ni à $-15°$, ni même à température ordinaire : il faut opérer à la température d'ébullition du

sulfure de carbone, et, dans ces conditions, en même temps que l'on observe un abondant dégagement d'acide bromhydrique, on obtient un dérivé bromé solide (F. = 151°) ne colorant pas le perchlorure de fer, et qui n'est autre que l'éther bromophénylbenzylcétobutyrolactone carbonique :

$$\begin{array}{c} \qquad\qquad COOC^2H^5 \\ \qquad\qquad | \\ C^6H^5 - CH^2 - C - O \searrow \\ \qquad\qquad | \qquad\quad CO \\ \quad C^6H^5 - C - CO \nearrow \\ \qquad\qquad | \\ \qquad\qquad Br \end{array}$$

La constitution de ce dérivé ressort nettement de ses propriétés, des déterminations analytiques (poids moléculaire, etc.), et enfin de sa préparation par bromuration directe de l'éther cétolactonique.

La constitution que nous avons attribuée aux trois formes isomériques de l'éther phénylpyruvique semble donc démontrée par l'étude de leurs propriétés chimiques fondamentales. Nous avons entrepris, d'autre part, l'étude réfractométrique de cet éther.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une deuxième diamide, l'oxamide, par oxydation du sucre et de l'ammoniaque.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. E. Roux.

1. Après avoir démontré que l'urée se forme dans cette expérience, si souvent discutée, de l'oxydation des protéiques, nous avons découvert que ce produit d'excrétion des animaux et des végétaux prend aussi naissance dans l'oxydation, en présence de l'ammoniaque, des autres principes carbonés contenus chez les êtres vivants : la *glycérine*, constituant des corps gras; les *hydrates de carbone : glucose, lévulose, saccharose, dextrine, inuline, amidon, cellulose*, ainsi que leur générateur : *l'aldéhyde formique* (¹).

2. A ces synthèses de la diamide carbonique

$$NH^2 - CO - NH^2,$$

nous pouvons, aujourd'hui, ajouter celle de la diamide de l'acide oxalique,

$$NH^2 - CO - CO - NH^2,$$

réalisée en oxydant le sucre et l'ammoniaque par le permanganate de calcium.

(¹) R. Fosse, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1916; *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1448.

Dans un ballon de $1^l$, contenant du saccharose ($10^g$), dissous dans de l'ammoniaque concentrée ($200^{cm^3}$), on ajoute, en agitant et refroidissant, du permaganate de calcium cristallisé en plusieurs fois, dans l'intervalle de 10 à 30 minutes. Après destruction du caméléon, la mixture, étendue d'eau ($100^{cm^3}$), portée à l'ébullition, est essorée à la trompe. Poids de matière pulvérulente, recueillie après 24 heures d'abandon du filtrat à la glacière : $0^g,5$ à $0^g,7$.

L'analyse complète de ce corps, purifié par cristallisation dans l'eau chaude, l'identifie à l'oxamide

Au contact de la soude et d'un sel de cuivre la matière donne la réaction du biuret, découverte à l'oxamide par Schiff.

L'eau, sous pression, l'hydrolyse en acide oxalique et ammoniaque.

L'ammoniaque à 22°, étendue de son volume d'eau, la transforme, à à l'ébullition au reflux, en acide oxamique, dont nous avons préparé et analysé les sels de calcium et de baryum.

3. Comment expliquer cette synthèse de l'oxamide?

Par le même mécanisme qui donne naissance à l'urée dans les mêmes conditions.

L'étude de la formation de l'urée par oxydation des hydrates de carbone et de l'ammoniaque nous a conduit à considérer comme termes précurseurs, intermédiaires, instables de ce corps : l'*acide cyanique* (isolé et identifié par l'analyse) et deux autres substances unicarbonées, auxquelles on attribue un rôle capital dans les synthèses chez les végétaux : l'*acide cyanhydrique* et l'*aldéhyde formique* (¹).

$$CH^2O \xrightarrow{+NH^3+O} CNH \xrightarrow{+O} CONH \xrightarrow{+NH^3} CO\begin{matrix} \diagup NH^2 \\ \diagdown NH^2 \end{matrix}.$$

La formation de l'oxamide aux dépens du cyanogène (²) (Liebig), de l'acide cyanhydrique (³) (Attfield), ou du ferrocyanure de potassium (⁴) (Playfair) sont des faits depuis très longtemps connus.

Nous avons, de notre côté, constaté que l'oxydation de l'acide cyanhydrique et de l'ammoniaque conduit à l'oxamide dans des conditions expérimentales comparables à celles où le sucre et l'ammoniaque, oxydés, produisent cette diamide.

---

(¹) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 320, 908 et 1164; t. 169, p. 91.

(²) Liebig, *Annalen*, 1860, p. 146. — Schmidt et Glutz, *Berichte*, 1868, p. 66. — Radziszewski, *Berichte*, 1885, p. 355.

(³) Attfield, *Journal of the Chem.*, t. 1, 1848, p. 94.

(⁴) Playfair, *Jahresbericht*, 1849, p. 293.

L'urée et l'oxamide, formées par oxydation du sucre et de l'ammoniaque, dérivent d'une même source, l'acide cyanhydrique, qui provient, lui-même, de l'oxydation de l'aldéhyde formique et de l'ammoniaque. Le mécanisme qui les engendre est représenté par le schéma

$$CH^2O \xrightarrow{+NH^3+O} CNH \begin{cases} \xrightarrow{+O} CONH \xrightarrow{+NH^3} CO\begin{matrix}NH^2\\NH^2\end{matrix} \\ \xrightarrow[+\frac{1}{2}O]{} \frac{1}{2}\begin{matrix}CN\\|\\CN\end{matrix} \xrightarrow{+H^2O} \frac{1}{2}\begin{matrix}CO-NH^2\\|\\CO-NH^2\end{matrix} \end{cases}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transposition hydrobenzoïnique. Influence de la nature du réactif.* Note de MM. **Tiffeneau** et **Orékhoff**, présentée par M. Moureu.

On sait que l'hydrobenzoïne $C^6H^5.CHOH.CHOH.C^6H^5$ et ses homologues alcoylés ([1]) $C^6H^5.C(OH)(R).CHOH.C^6H^5$ sont transformés, sous l'action de l'acide sulfurique dilué à chaud, en diphénylacétaldéhyde $(C^6H^5)^2.CH.CHO$ et en homologues $(C^6H^5)^2.C(R).CHO$.

Dans tous les cas, l'oxhydrile persistant appartient à la fonction alcool secondaire et la transposition peut être formulée comme suit :

$$C^6H^5-\overset{\downarrow}{C}(R)-\underset{\underset{|}{O}}{\underset{|}{CH}}-C^6H^5 \rightarrow \begin{matrix}C^6H^5\\C^6H^5\end{matrix}\!\!>C(R)-CHO.$$

On sait, d'autre part, que l'acide sulfurique concentré transforme à froid l'éthylhydrobenzoïne, non plus en aldéhyde, mais en une cétone isomère, l'éthyldésoxybenzoïne, sans transposition ([2]). Il en est de même du triphénylglycol, qui se transforme sans transposition en triphényléthanone ([3]). Dans ces deux réactions, c'est encore l'oxhydrile tertiaire qui est le plus instable; mais, au lieu de s'éliminer avec l'hydrogène de l'oxhydrile alcoolique voisin, il paraît s'unir à l'autre atome d'hydrogène.

$$C^6H^5(R).C\boxed{(OH)-CH}OH.C^6H^5 \rightarrow C^6H^5(R).C=C(OH).C^6H^5.$$

([1]) Tiffeneau et Dorlencourt, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 16, 1909, p. 237.

([2]) Orékhoff, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 25, p. 9, 182.

([3]) Orékhoff, *Ibid.*, p. 186.

Il y a ainsi, vraisemblablement, formation d'alcool vinylique qui s'isomérise en acétone correspondante.

Toutefois, dans le cas de l'éthylhydrobenzoïne, l'un de nous ([1]) avait signalé la présence, à côté de l'éthyldésoxybenzoïne, d'un composé indéterminé qu'on pouvait présumer être le même produit de transposition aldéhydique que dans l'action de l'acide dilué.

Nous avons repris cette étude et nous avons constaté que le produit ainsi obtenu n'est pas aldéhydique mais cétonique; c'est la diphényl-1.1-butanone-2 : $C^2H^5.CO.CH(C^6H^5)^2$. Il y a donc eu transposition phénylique, mais ce n'est plus le même phényle qui a émigré, comme le montre le schéma suivant :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix} \Big> \underset{\underset{|}{O}}{\overset{|}{C}} - \overset{\downarrow}{C}H - C^6H^5 \rightarrow C^2H^5 - CO - CH(C^6H^5)^2.$$

On voit que, dans ce cas, c'est l'oxhydrile secondaire qui s'est éliminé, tandis que l'oxygène persistant sous forme cétonique provient de l'oxhydrile tertiaire. L'un de nous ([2]) a déjà rapporté deux exemples de cette particularité dont nous avons nous-mêmes observé pareillement d'autres cas qui seront relatés prochainement.

Ainsi, dans la déshydratation des alcoylhydrobenzoïnes, on obtient des résultats différents suivant qu'on emploie l'acide sulfurique dilué ou concentré ([3]); enfin la nature des radicaux alcoylés peut également modifier la réaction fournie par un même agent, car, avec la méthylhydrobenzoïne, l'acide sulfurique concentré ne nous a donné qu'un seul produit non transposé, la méthyldésoxybenzoïne, alors que, comme nous venons de le voir, l'éthylhydrobenzoïne fournit, dans les mêmes conditions, l'éthyldésoxybenzoïne et un produit transposé, la diphényl-1.1-butanone-2.

Étant donnée la formation de ce dernier produit de transposition, on pouvait se demander si la transformation du triphénylglycol en triphényléthanone, réaction qui s'effectue aussi bien par $SO^4H^2$ dilué que par $SO^4H^2$ concentré, ne résulte pas d'une transposition (I) plutôt que d'une simple

---

([1]) ORÉKHOFF, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, t. 25, p. 183.

([2]) ORÉKHOFF, *Ibid.*, p. 108, 112.

([3]) Un pareil fait a déjà été signalé pour certains glycols. La pinacone donne avec $SO^4H^2$ dilué à chaud la pinacoline et, avec $SO^4H^2$ concentré à froid, du 2.3-diméthylbutadiène.

isomérisation par migration d'hydrogène (II),

$$\text{I.}\quad \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>\underset{\substack{|\\ O}}{C} - \underset{|}{C}H - C^6H^5 \qquad\qquad \text{II.}\quad \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C = C(OH) - C^6H^5.$$

L'étude de divers homologues nous a conduit à admettre que, dans ce cas, c'est la réaction II qui a lieu.

En résumé, si nous exceptons le cas du triphénylglycol qui réagit de la même façon aux divers agents de déshydratation et qui d'ailleurs n'est pas une alcoylhydrobenzoïne mais une arylhydrobenzoïne, on peut conclure que, suivant que le réactif ($SO^4H^2$) est employé à l'état concentré ou dilué, la déshydratation des alcoylhydrobenzoïnes peut s'orienter dans plusieurs sens différents et provoquer la migration de l'un ou l'autre des deux radicaux phényles de ces hydrobenzoïnes.

MINÉRALOGIE. — *Sur la nature du conglomérat diamantifère de Diamantina (Brésil).* Note (¹) de M. **H.-A. Brouwer.**

De très nombreux travaux ont été publiés sur l'origine des diamants du Brésil. D'après les dernières publications consacrées à la région de Diamantina (²), les gisements de diamant des hauts plateaux (conglomérats de Diamantina) sont regardés comme des alluvions d'anciennes rivières, dont les eaux auraient creusé un lit (atteignant jusqu'à $30^m$ de profondeur) dans un plateau constitué par des schistes anciens. Le but de cette Note est de montrer que le conglomérat de Diamantina n'est pas un dépôt d'un ancien stade de pénéplaine, mais qu'il est intercalé dans une série de quartzites et de schistes dont l'âge est peut-être algonkien et que le gisement primitif du diamant qu'il renferme doit être plus ancien, comme celui de certains gisements du Transvaal où de petits diamants ont été trouvés dans des conglomérats aurifères de ce même âge; ceci, en passant, prouve qu'il a existé dans l'Afrique australe des gisements primitifs de diamant beaucoup plus anciens que les cheminées de kimberlite dont l'âge n'est certainement pas antérieur au Jurassique.

---

(¹) Séance du 12 juillet 1920.

(²) E.-C. Harder and R.-F. Chamberlin, *Journ. of Geology*, t. 23, 1915, p. 371, 413-424, et J.-C. Branner, *Bull. geol. Soc. of America*, t. 30, 1919, p. 332.

Au cours d'un récent voyage au Brésil, j'ai visité les exploitations de Boa Vista, de Serrinho (près de Curallinho) à l'est, et de Sopa à l'ouest de Diamantina. Dans tous ces gisements, il faut distinguer entre les dépôts de graviers des plateaux, en couches horizontales qui s'étendent souvent sur de grandes étendues et les couches inclinées ou presque verticales, interstratifiées avec les schistes à séricite et les quartzites et qui comprennent des conglomérats à ciment sériciteux ou quartzeux. Ces conglomérats sont très riches en blocs de dimensions inégales et de blocs anguleux.

Que ces conglomérats ne sont pas d'anciennes alluvions, déposées dans des canaux creusés par les rivières dans la série algonkienne est déjà prouvé parce que la plus grande dimension des blocs, plus ou moins aplatis, n'est pas horizontale, mais inclinée ou même verticale. J'ai pu par places distinguer une stratification originelle dans les couches fortement redressées et elle est sensiblement la même que celle des quartzites et des schistes du voisinage. Comme ces quartzites présentent souvent une structure entrecroisée, il ne faut pas s'attendre à trouver les dépôts à gros blocs de la même série en concordance absolue avec eux. D'ailleurs la teneur en blocs et galets des conglomérats présente beaucoup de variations. Le long du chemin de Curhallinho à Diamantina, en haut de la traversée de la rivière près de Curhallinho, des schistes à séricite inclinés vers l'Est passent brusquement dans la direction des couches à un conglomérat très riche en galets avec un ciment sériciteux.

Des transitions de ce genre se voient aussi dans la mine de Sopa; elles s'établissent dans la direction des couches ou dans une direction perpendiculaire à la stratification.

Le diamant se trouve dans ces conglomérats à l'état de minéral détritique; il est possible qu'il existe aussi dans les schistes dépourvus de galets visibles; tel est peut-être le cas du gisement de Sao Jao da Chapada, à l'ouest de Diamantina, où, d'après A. de Bovet [1], le diamant se trouve dans des argiles interstratifiées dans les roches environnantes. Les photographies des exploitations récemment reprises dans cette localité y montrent l'existence de conglomérat à gros blocs. O.-A. Derby [2] a considéré le diamant de ce gisement comme formé dans les schistes sous l'influence d'une roche éruptive sous-jacente, mais cette théorie ne peut s'appliquer aux autres exploitations de la région, là où la gangue est essentiellement congloméra-

(1) *Ann. des Mines*, 1884, p. 475.
(2) *Journ. of Geology*, 1898, p. 121-146.

tique, et où rien ne peut faire supposer qu'il existe une roche éruptive profonde; la présence à Sao Jao da Chapada de celle-ci n'a d'ailleurs pas été démontrée.

En résumé, je considère le diamant comme détritique dans ces sédiments. Au point de vue de la genèse du conglomérat qui le renferme, il est important de constater que la variation pétrographique dans la direction des couches n'est pas spéciale aux roches reconnues comme diamantifères, mais qu'elle caractérise toute la série des schistes et quartzites constituant la région montagneuse de la Serra do Espinhaço. En outre, les couches montrent en divers points de très rapides changements d'épaisseur.

Les variations de nature et de puissance d'un même banc, la stratification entrecroisée, la disparition assez rapide d'un faisceau de bancs et les irrégularités de parallélisme de toutes ces formations montrent qu'elles résultent d'un dépôt rapide sous l'influence de courants dont la violence et la direction ont varié dans de grandes limites.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des Pyrénées Occidentales.* Note (¹) de M. **P.-W. Stuart-Menteath**, présentée par M. H. Douvillé.

Le dernier *Boletin* du Service géologique espagnol, rempli de révisions du terrain spécial de mes recherches, me permet de compléter ma carte tectonique des *Comptes rendus* de juin 1894.

Des Nummulites spécifiées et des dessins des *Scolithia* confirment l'extension normale et régulière de l'Éocène, depuis Biarritz jusqu'à Zumaya, ainsi que la présence des *Scolithes* dans le Cénomanien de Lecumberri, au-dessus du Jurassique, que j'y ai signalé. Le Gault est reconnu en plein Sénonien de la nouvelle Carte, dans les mêmes conditions qu'à Jaxu, où toute la série, depuis le Lias jusqu'au Cénomanien, est fossilifère sur une épaisseur de 100$^{m}$, comme à Dax, Saint-Sébastien et auprès de Bayonne. Grâce aux déterminations de M. Douvillé, on peut même insérer le Danien à Campagnet sur la Nive, ainsi qu'à Yraeta, dans le pseudo-Trias gypsifère. Des deux côtés de la chaîne, la succession normale est souvent renversée contre le Paléozoïque, mais toujours transgressive dans le voisinage. Parfois, le Flysch à Fucoïdes est rempli de cailloux roulés du gneiss, dont il recouvre les couches verticales; que ces conglomérats ne sont pas des

---

(¹) Séance du 9 août 1920.

*mylonites* de friction est prouvé par les recherches à Hendaye et Argelès sur leurs continuations incontestables. La réduction de l'épaisseur des formations, depuis 1000$^{m}$ vers Argelès jusqu'à presque rien à l'Ouest n'est pas un effet d'étirement, puisque les parties les plus fossilifères seraient précisément les plus étirées. La concentration de tous les *facies* en quelques mètres, et la difficulté d'en distinguer les limites montrent une succession régulière des dépôts diminuant vers l'extrémité de la chaîne. C'est pourquoi les observateurs exercés du *Boletin* ont classé en Aptien et même en Wealdien (de Logroño) des grès à Orbitolines, que j'ai attribués au Cénomanien, entre Venta de Velate et Lecumberri. Leur carte à petite échelle ne peut figurer les détails que, depuis 1871, j'ai dû relever au 20000$^{e}$.

Il faut encore noter que, depuis Magnan, les preuves de la récurrence des *facies* ont fait constater la présence constante du Vraconien en alternance avec le Cénomanien ou l'Aptien. La théorie de Suess que j'ai formellement adoptée dès 1886, m'a toujours parue inapplicable après une révision détaillée des meilleurs exemples cités. Le *Boletin* , pour les besoins du raccordement, attribue au Cambrien de Jacquot un grès quartzeux au nord de Roncevaux. En ouvrant des puits et galeries sur ces quartzites, j'ai constaté qu'ils sont surtout du Dévonien le plus typique, toujours en alternance avec des calcaires fossilifères, et principalement représenté au sud de Louhossoa et du Pas de Roland et à l'ouest d'Ossès. M. Barrois a bien voulu réviser leurs fossiles, et ce sont les méprises de Jacquot, bien reconnues aujourd'hui, qui ont fait supprimer ces preuves ici comme dans le cas de l'Eocène. Un grès quartzeux inséparable du Cénomanien du Couvent de Roncevaux paraît avoir fourni des Scolithes auxquels on n'a accordé nulle valeur. Mais les quartzites du Dévonien, très différents de ceux du Silurien et Carbonifère, sont continus au nord de Roncevaux et dans tout le Paléozoïque arbitrairement subdivisé. Des lentilles de calcaires fossilifères, des imprégnations constantes de cuivre et de fer carbonaté, rendent la délimitation possible sur des plans détaillés.

Une erreur de ma carte de 1894 est un exemple du danger des raccordements. J'ai figuré le Crétacé du bassin de Sarre-Ainhoa comme se continuant dans le granitique de Louhossoa, où il est figuré dans quatre coupes de M. Seunes; c'était par analogie avec son pincement vertical en travers du granité de la Haya, à l'autre bout du bassin. Des révisions récentes sur les plans de mines m'ont prouvé que ce Crétacé s'élève brusquement et se termine par une butte fossilifère, entourée de Trias silicifié, à un kilomètre plus au sud. Le calcaire confondu avec le Crétacé est criblé de

pegmatite et d'ophite, touche le Dévonien ignoré au sud, et se répète jusqu'à dix kilomètres au nord en bandes synclinales, encore plus métamorphisées, autour de la montagne granitique Ursouia.

Comme à la Haya, le calcaire nettement synclinal a subi un métamorphisme variable et souvent intense, donnant douze mètres de grenat à la Haya, des masses de chiastolite à l'Ouest de Louhossoa, et des amphibolites à Mendionde et Articuza. A la Haya, le *Boletin* a dû déplacer le calcaire sur une mauvaise carte et l'a figuré comme du Trias reposant horizontalement sur du Silurien, bien qu'il soit nettement vertical et limité, des deux côtés, par le Trias de Vera, nullement coupé par du Silurien.

Il est reconnu que le granite de la Haya et Louhossoa est un même massif, relié par les pointements intermédiaires que j'ai signalés. Les deux présentent des pointements analogues de granite jusqu'à plusieurs kilomètres de leur limite apparente. Le Gault est traversé et le Cénomanien fractionné, mais le Flysch à Fucoïdes est transgressif et en renferme des cailloux roulés.

Jusqu'à Argelès, Loucrup, et Salies du Salat j'ai réussi à la longue à faire corriger les cartes faites hâtivement et dont les inexactitudes ont toujours résuscité malgré leurs propres auteurs; tous les observateurs qui ont voulu vérifier les points décisifs, ont dû renoncer à raccorder les cartes courantes. Le *Boletin* a essayé une amalgamation impossible entre l'observation réelle et les cartes précédemment publiées.

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur un traitement préventif de l'oïdium.* Note [1] de M. J. **Kunstler**. (Extrait.)

Pour agir sur l'oïdium, on souffle de la fleur de soufre, en plein vent, sur les parties menacées; quand l'atmosphère est agitée, cette opération devient difficile et incertaine. Nous avons expérimenté une manière de faire nouvelle, une sorte de traitement peu dispendieux, qui a produit les meilleurs effets.

Il ne s'agit pas, à vrai dire, d'un véritable traitement, dans le sens précis du mot, mais plutôt d'une mesure préventive, pouvant dispenser de tout autre traitement, mais ne mettant aucun obstacle à son application, si la nécessité s'en faisait sentir.

(1) Séance du 9 août 1920.

Comme premiers sujets d'expérience, nous avons choisi deux gros ceps de vigne, cultivés en treilles, contaminés depuis de longues années et plus ou moins radicalement improductifs. Le soufrage à l'aide du soufflet *ad hoc* avait été inefficace.

En hiver ou au printemps nous avons fait découvrir la base des ceps malades jusqu'à une profondeur de $10^{cm}$ à $20^{cm}$ et répandre, tout autour de ces pieds, une poignée de soufre en poudre. Après cela, les trous ont été comblés avec de la terre.

L'oxydation du soufre dans le sol, dégageant des vapeurs sulfureuses, celles-ci se répandent dans la terre ambiante, de manière à enrayer le développement des germes infectieux. C'est, selon toute probabilité, cette action purificative qui a suffi, dans nos expériences, à mettre obstacle aux invasions malfaisantes.

Dans la pratique courante, il est assez malaisé de bien égaliser les doses de soufre par pied de vigne. On favorise cette opération en mélangeant intimement cet agent thérapeutique avec des poudres moins actives et moins coûteuses, de façon que l'encerclement des pieds devienne plus aisé et que le dosage soit plus régulier. Nous avons employé, notamment, des cendres et de la chaux hydraulique, en fines poussières, substances qui, par elles-mêmes, exercent une action favorable. On peut aussi enrober le soufre dans des sortes de colles, par exemple dans de la résine bouillie avec de l'huile, dont on badigeonne la base des ceps.

Du reste, il appartient au praticien de préciser la technique de cette méthode, de la modifier selon la nature du sol et suivant les conditions particulières des régions.

Weinmann et Depuiset ([1]) se contentent de projeter le soufre sur le sol. Mais, le vent et la pluie balayant la poudre de soufre et ses vapeurs, les résultats de cette manière de faire sont insuffisants.

Nous avons fait d'autres tentatives, portant sur des substances capables d'émettre des vapeurs, qui paraissent entraîner d'heureux résultats. La question de la purification et de l'assainissement de la terre par les vapeurs corrosives acquiert ainsi, à la fois, une portée plus grande et une extension que l'on ne saurait bien délimiter. L'emploi du soufre, de l'iode, du mercure, etc., ou de divers mélanges de composés de ces corps, évoque des espérances légitimes.

---

([1]) Institut œnologique de Champagne.

EMBRYOGÉNIE. — *L'époque d'apparition et le mode d'extension de la sensibilité à la surface du tégument chez les Vertébrés anamniotes*. Note (¹) de M. P. **Wintrebert**, transmise par M. Y. Delage.

J'ai étudié l'apparition et l'établissement de l'excitabilité cutanée chez divers embryons de Poissons et d'Amphibiens; parmi les premiers, j'ai examiné *Salmo fario*, *S. fontinalis*, *S. irideus*, *Carassius auratus*, *Perca fluviatilis*, *Scylliorhinus canicula;* j'ai observé, parmi les seconds, des Anoures, *Rana esculenta*, *R. temporaria*, *Bufo vulgaris*, *Hyla arborea*, *Alytes obstetricans*, *A. cisternasi*, *Discoglossus pictus*, et des Urodèles, *Triton marmoratus*, *T. alpestris*, *T. palmatus*, *T. vulgaris*, *Amblystoma tigrinum*, *A. punctatum*. La sensibilité apparaît toujours dans la région antérieure du tronc; de là, elle s'étend en avant et en arrière, mais beaucoup plus vite du côté caudal que vers la tête; j'ai déjà signalé ce fait chez *Amblystoma tigrinum et Rana temporaria*, en 1905 (²). Cependant l'accroissement des zones sensibles ne se produit pas de la même manière chez tous les Vertébrés inférieurs. Les Poissons et certains Amphibiens, tels que *Salamandra maculosa*, *Alytes obstetricans et A. cisternasi*, montrent une augmentation régulière et progressive des zones excitables, tandis que la majorité des Amphibiens, après avoir présenté d'abord une extension graduelle de la sensibilité d'avant en arrière sur les deux tiers antérieurs du tronc, deviennent brusquement et sans transition excitables sur tout le reste du domaine cutané.

Nous classerons donc les embryons en deux groupes, suivant que l'établissement de leur sensibilité suit une marche régulièrement progressive, ou bien se produit en deux phases, la première de progression lente, l'autre de généralisation brusque.

I. *Types d'embryons montrant une extension progressive de la sensibilité cutanée :*

A. *Poissons*. — Je prendrai comme exemple un Sélacien : *Scylliorhinus canicula :* La période nerveuse commence avec le stade K de Balfour. La distribution des nerfs sensibles à la peau n'a été constatée qu'après le début de la liaison neuro-musculaire (³). L'irritabilité aneurale des myotomes (⁴)

(¹) Séance du 9 août 1920.

(²) Wintrebert, *Nouvelles recherches sur la sensibilité primitive des Batraciens* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*), t. 59, 1905, p. 58.

(³) Wintrebert, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 369.

(⁴) Wintrebert, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 83, 1920, p. 1029.

empêche d'explorer le tégument qui les recouvre avec une sûreté suffisante pour savoir s'il est seul en jeu dans la réponse obtenue. Le liséré cutané dorsal présente, au contraire, toutes garanties s'il est piqué latéralement; il devient sensible dans la région pédiculaire antérieure au stade $K^2$, quand cinq poches branchiales sont apparentes et la deuxième poche seule ouverte. A l'étape $K^3$ (6 poches branchiales visibles; 2$^e$, 1$^{re}$, 3$^e$ ouvertes), le liséré dorsal est sensible jusqu'à 1$^{mm}$ derrière le pédicule; mais la partie postérieure du tronc et la queue, *en dehors des myotomes*, la tête entière, le pédicule vitellin et toutes les régions ventrales, placées au-dessous des plaques musculaires latérales, sont inexcitables. Au commencement de l'étape $K^4$ (4 fentes branchiales ouvertes), la tête, l'abdomen sont encore insensibles, mais la sensibilité s'est avancée sur le limbe dorsal jusqu'à moitié du segment post-pédiculaire. A la fin du stade $K^4$, le limbe dorsal n'est plus inexcitable que sur le sixième postérieur du corps, au niveau de la crosse caudale inerte; l'abdomen, derrière le pédicule, est devenu sensible; la tête sent sur les territoires sus-branchial et auriculaire; mais la région des cerveaux antérieur et moyen est peu sensible et la piqûre de l'œil est sans effet. Au stade L, la sensibilité a envahi la tête, le pédicule et s'est avancée au-dessus de la boule vitelline sur une largeur de 1$^{cm}$ autour de la base pédiculaire; cependant l'extrémité caudale, dans le huitième postérieur du corps environ, reste encore insensible, la piqûre de l'extrémité reste encore inefficace au stade M.

B. *Amphibiens.* — Prenons comme type un Urodèle : *Salamandra maculosa*. Un embryon de 8$^{mm}$,75, dont la queue a une longueur de 1$^{mm}$,25 et qui se contracte en U, sent, sur la région axiale du tronc, depuis la tête jusqu'à 0$^{mm}$,75 au-devant de la queue; la zone sensible envahit déjà l'abdomen à 1$^{mm}$ en dehors de la région chordo-myotomique; dans la région de la tête, le territoire du trijumeau (bosse frontale antérieure, œil, arc mandibulaire) est excitable, mais les régions céphaliques ventrales, ainsi que les branchies, sont insensibles. Un embryon plus âgé, long en tout de 9$^{mm}$,5, dont 2$^{mm}$ pour la queue, et se contractant en S, est excitable de la tête entière, sauf des branchies; mais, en arrière, la sensibilité n'a pas envahi toute la queue; elle cesse au-devant de l'extrémité, à 0$^{mm}$,5 du bout caudal sur la région myotomique, à 0$^{mm}$,75 sur les limbes; la zone excitable abdomino-vitelline s'étend maintenant de chaque côté du tronc, sur un arc de cercle qui, par ses extrémités, touche le cœur et la base de la queue, et dont la flèche mesure 2$^{mm}$,5.

De même, dans le genre *Alytes*, parmi les Anoures, la sensibilité s'étend d'une façon graduelle, aussi bien sur la tête et la queue que sur le tronc.

II. *Types d'embryons résentant un développement de la sensibilité cutanée d'abord lent et progressif, puis brusquement complet.* — Tous les Amphibiens examinés, sauf les deux genres signalés plus haut, montrent une généralisation soudaine de l'excitabilité à la surface du tégument, au moment où la sensibilité, née derrière la tête, ne s'est encore étendue que sur le tronc, jusqu'au voisinage de la queue.

Le bout caudal, longtemps insensible chez les embryons du premier groupe, est ainsi précocement irritable chez ceux du second, et sa piqûre, faite au début du croisement des extrémités, chez les embryons doués de contraction tonique (Téléostomes, Amphibiens), est un excellent moyen de connaître dans quelle catégorie ils doivent être rangés.

*Conclusion.* — La sensibilité cutanée, apparue chez tous les Vertébrés anamniotes au niveau de la région antérieure du tronc, s'étend d'abord, chez tous, graduellement vers la queue; mais tandis que, chez les Poissons et certains Amphibiens (*Salamandra* et *Alytes*), elle continue d'envahir lentement et progressivement le corps entier, elle se généralise soudain, chez la plupart des Amphibiens, à toute la surface cutanée; cette extension brusque des zones excitables est due à l'apparition d'une « Irritabilité ectodermique aneurale » que j'ai décrite précédemment [1] et qui se superpose à la sensibilité nerveuse dans les territoires où celle-ci est déjà développée.

MICROBIOLOGIE. — *Tentative de culture du tréponème pâle, en symbiose avec les éléments cellulaires.* Note de M. C. **Levaditi**, présentée par M. Roux.

Des expériences antérieures nous ayant montré qu'il est possible d'entretenir la vitalité du virus de la poliomyélite et de la rage [2], et peut-être même de cultiver ces virus, en s'adressant à la méthode des cultures cellulaires *in vitro* (Carrel), nous avons tenté des essais analogues avec le tréponème de le syphilis. Nous nous sommes servi d'un virus syphilitique dermotrope, conservé par des passages réguliers sur le lapin et qui provoquait, après inoculation intra-testiculaire, une orchite riche en spirochètes et dépourvue de germes d'infection secondaire.

*Technique.* — Des petits fragments de testicule, contenant de nombreux tréponèmes, étaient cultivés dans du plasma de lapin (boîtes de Gabri-

---

(1) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 57, 1904, p. 645, et t. 59, 1905, p. 58.

(2) Levaditi, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 864, et t. 159, 1914, p. 284.

tchewsky). Des passages étaient effectués tous les 4-5 jours, en ayant soin d'ajouter de nouveaux fragments de testicule normal. On examinait fréquemment la pullulation cellulaire et l'état des spirochètes.

*Constatations.* — *Première culture* le 19 novembre 1919. *Premier passage* le 24 novembre : Multiplication intense des éléments cellulaires, sous forme de rosaces constituées par des cellules conjonctives fusiformes. *Nombreux spirochètes très mobiles. Deuxième passage* le 28 novembre : même pullulation cellulaire, assez nombreux *spirochètes immobiles. Troisième passage* le 4 décembre : pullulation cellulaire abondante, absence totale de tréponèmes. *Quatrième passage* le 11 décembre : dans les deux boîtes restées non contaminées, pullulation cellulaire marquée, absence totale de spirochètes. On arrête l'expérience. Les fragments cultivés sont inoculés à deux lapins, l'un, n° 31, dans la chambre antérieure de l'œil; l'autre, n° 38, dans la chambre antérieure et dans le testicule. Aucun de ces animaux ne contracte la syphilis.

Cette expérience, répétée à deux reprises, a fourni le même résultat.

*Conclusions.* — Il résulte de ces essais que, *placé dans des conditions qui permettent la culture des éléments cellulaires conjonctifs* IN VITRO, *le tréponème pâle, contrairement au virus de la poliomyélite et de la rage, non seulement ne cultive pas, mais perd rapidement sa vitalité et sa virulence.* Les cellules pullulaient encore le 26e jour, tandis que les spirochètes avaient cessé de vivre le 9e jour déjà.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'apparition de la levure alcoolique dans les vignobles.* Note [1] de M. **Francisque Grenet**, présentée par M. E. Roux.

En l'année 1878, dans le vignoble d'Arbois, Pasteur institua une série d'expériences en grand qu'il projetait depuis longtemps et destinées à répéter ses essais antérieurs et confirmer définitivement les résultats de ses travaux sur les fermentations.

Parmi les faits latéraux signalés, il établit qu'à toute époque de l'année on rencontrait des germes de moisissures sur les souches des vignes et dans le sol, mais que la levure alcoolique apparaissait seulement au moment de la maturation du raisin et n'existait pas dans le vignoble hors cette époque.

Quel est donc le mécanisme de cet apport?

Ce problème n'avait pas échappé à Pasteur.

---

[1] Séance du 9 août 1920.

Pendant bien des années, j'ai cherché à le résoudre, et je crois avoir trouvé la cause principale, tout au moins, de cet apport de levures alcooliques dans les vignobles.

J'ai enfin trouvé un diptère porteur de ferment alcoolique, le *Drosophila melanogaster* : c'est une toute petite mouche, d'apparence fauve, à ventre noir ; très ténue, elle passe inaperçue dans le vignoble, c'est ce qui explique qu'elle n'a pas attiré l'attention sur elle.

Elle est tenace dans la mission qu'elle a à remplir, rien ne la rebute, elle se faufile partout : par exemple, quelque précaution qu'on prenne, elle vient retrouver le chimiste dans les chambres les mieux closes et troubler ses liquides sucrés stérilisés alors qu'ils sont soumis à une filtration ou à toute autre opération.

Elle est très petite, ai-je dit, mais quand elle s'est gorgée de jus de raisin, elle gonfle et devient plus apparente au moment des vendanges ; certaines années, elle tourbillonne en essaims compacts sur les cuves de fermentation ; d'autres années, elle disparaît sans rendre visite aux chais.

Elle se présente au vignoble au moment de la maturation des grappes, lors des exsudations des grains résultant des chocs produits par les vents, le passage de l'homme et des animaux, les attaques des oiseaux et gros insectes, etc. ; elle butine, dépose ses germes sur les grappes et les bois.

Pour déceler sa présence et le jour de son arrivée, voici les dispositifs que l'on peut employer dans le vignoble : on filtre du moût stérilisé sur papier stérilisé et l'on attend ; au bout d'un temps plus ou moins long, on voit apparaître une ou plusieurs taches noirâtres sur le filtre mouillé ; à la loupe on reconnaît la petite mouche ; le lendemain le moût est en fermentation, car il faut noter que cette levure d'apport possède une grande activité ; ou encore, sur un petit panneau en bois monté sur chevalet et dont une partie de la surface est garnie d'un filet fin, on passe quelques couches de peinture blanche à l'huile et à l'essence, les petites mouches attirées par l'odeur viennent y échouer et il est facile de les saisir ; enfin, on peut étendre au pinceau, sur un châssis tendu de toile, un liquide tiède ou chaud (eau, vin blanc, vinaigre, eau-de-vie de marc, etc.). Si la petite mouche est arrivée au vignoble, elle se rend également à ces pièges qu'on lui tend.

Mais d'où vient cette petite mouche, de quelle contrée, de quelle retraite cachée, comment possède-t-elle cette levure alcoolique ? je n'ai pu le découvrir.

BACTÉRIOLOGIE. — *Valeur de la réaction de fixation de Bordet dans le diagnostic de la peste.* Note de M. E. **Joltrain**, présentée par M. Roux.

On sait la difficulté qu'on éprouve à faire le diagnostic de la peste par les méthodes bactériologiques lorsque la maladie affecte au début une allure septicémique, avant l'apparition du bubon, après que le bubon a suppuré ou pendant la convalescence. La méthode de sérodiagnostic, par la recherche de l'agglutination, n'est pas d'une aussi grande utilité pratique qu'on pouvait l'espérer, en raison de l'agglutination spontanée fréquente des cultures de bacilles pesteux. Ayant entre les mains un certain nombre de sérums appartenant à des malades atteints de peste bubonique ou considérés comme suspects, nous avons recherché la déviation du complément en prenant comme antigène des cultures de bacilles de Yersin, les recherches ont été poursuivies à l'Institut Pasteur dans le laboratoire de M. Dujardin-Beaumetz qui a bien voulu s'intéresser à nos travaux et nous donner des émulsions de bacilles. Il a, dans presque tous les cas, recherché parallèlement la séro-agglutination. Nous avons utilisé dans cette réaction comme antigène des cultures fraîches et des cultures chauffées, celles-ci donnant des résultats moins précis. Comme complément nous avons choisi celui du malade préalablement dosé, et enfin nous avons toujours employé le sérum hémolytique antihumain.

Voici les résultats que nous avons obtenus. La réaction de fixation s'est montrée nettement positive dans plusieurs cas confirmés bactériologiquement. Dans trois cas (Bl et R, Rr), où la clinique ne pouvait seule affirmer le diagnostic, la réaction de fixation a été positive. L'agglutination dans ces trois cas se montrait également nettement positive au $\frac{1}{20}$, au $\frac{1}{70}$ et au $\frac{1}{150}$. Ces taux, on le sait, sont très élevés pour la peste. Dans quatre cas douteux, au point de vue clinique, et dans lesquels l'agglutination se montrait négative, la réaction de Bordet a été révélatrice. Nous devons ajouter que le diagnostic a pu être confirmé ultérieurement. De même chez des individus en contact avec des malades, et chez lesquels il était impossible de reconnaître la maladie, en raison de ganglions présents dans l'aine ou le cou, la réaction de fixation a répondu par la négative. Nous avons recherché si l'on pouvait se servir de *cultures chauffées*, ce qui mettrait immédiatement cette méthode aisée de sérodiagnostic, à la portée de tous,

et pouvant être employée dans un certain nombre de laboratoires où l'on pratique de façon courante des réactions de fixation. Bien que les résultats paraissent moins nets et moins constants, il semble qu'un résultat positif conserve toute sa valeur et donne à la méthode une réelle utilité pratique.

Ajoutons enfin que jamais d'autres sérums, appartenant à des individus normaux, des ictériques, des syphilitiques avec réaction de Wassermann positive, des typhoïdiques, n'ont fixé le complément en présence des cultures de bacilles pesteux.

Il y a donc là une méthode intéressante de diagnostic surtout rétrospectif pouvant rendre actuellement de grands services en cas de doute chez les convalescents et quand la recherche du bacille ne peut donner de réponse.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sous-races des bacilles pyocyanoïdes.* Note de M. C. Gessard, présentée par M. Roux.

Les bacilles que j'ai appelés pyocyanoïdes ([1]) sont, en dernière analyse, des bacilles pyocyaniques seulement devenus incapables de faire de la pyocyanine dans aucun milieu. Cette identification se fonde principalement sur la propriété de liquéfier la gélatine que possèdent également les bacilles pyocyaniques et les pyocyanoïdes, en même temps que les uns et les autres montrent une égale sensibilité au sérum spécifique empêchant de cette liquéfaction, que nous devons à M. Launoy ([2]). Cette identification peut encore s'appuyer sur l'odeur bien connue des cultures pyocyaniques, qui se retrouve aussi dans les cultures pyocyanoïdes. C'est aussi bien la propriété directement perceptible, celle qu'il faut avoir constatée d'abord pour penser à la mise en œuvre des réactions dans la gélatine.

Je me suis demandé si cette odeur des cultures pouvait disparaître, comme j'ai vu les pigments, et si, dans ce cas, subsisteraient les réactions en question, qui deviendraient alors le seul lien entre les deux sortes de bacilles. En faisant servir les bacilles pyocyanoïdes à cette recherche, j'ai

---

([1]) *Sur les bacilles pyocyanoïdes* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 298).

([2]) Launoy, *Sur l'antiprotéase du bacille pyocyanique* (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 82, 1919, p. 263); *Les sérums protéasiques...* (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 34, 1920, p. 249).

visé l'achèvement de la transformation de l'espèce par les mêmes germes qui signifient déjà la perte de sa fonction chromogène essentielle.

J'ai pensé que, comme il arrive pour les pigments, la disparition de l'odeur pourrait être un effet du vieillissement des germes. Dans ce cas, une culture odorante un peu ancienne devrait offrir des échantillons de cette dégradation. J'ai donc fait l'isolement de germes sur gélose à partir de vieilles cultures des deux races de bacilles pyocyanoïdes que j'ai antérieurement décrites, F qui fait du vert fluorescent et S qui est sans pigment en bouillon.

J'ai reporté séparément leurs colonies respectives dans des tubes de bouillon. Je noterai ici, pour mémoire seulement et sans y attacher plus d'importance, que, sur sept colonies de la race F (un plus grand nombre de race S a été nécessaire), j'ai obtenu une culture en bouillon dépourvue d'odeur; et ce caractère s'est maintenu pour les germes ainsi modifiés de l'une et l'autre origine dans la série des cultures qui en sont dérivées.

Voilà donc ce qu'est devenue, par dégradation progressive, une espèce originairement productrice d'odeur et de pigments : réduite, avec les descendants du germe pyocyanoïde S, à ne plus posséder ni pigment ni odeur, à ne garder dès lors de son état primitif que la forme des organismes, dont la diagnose microbienne fait, comme on sait, le moins de cas. En sorte que, si l'on rencontrait dans la nature des germes à ce point dégénérés, sans mélange d'aucun de leurs ascendants resté intact, rien n'avertirait de leur origine ni ne ferait soupçonner leur parenté, rien ne suggérerait de recourir à la réaction qui seule permet de les mettre à leur véritable rang. Et c'est une éventualité qui peut être envisagée d'après ce qui s'est vu déjà pour des bacilles pyocyaniques authentiques, dont des cultures naturelles, propagées dans le bouillon, s'y sont développées sans donner d'odeur.

Ces faits ont surtout un intérêt doctrinal et il ne semble pas qu'en dehors de l'étude que je poursuis, il puisse y avoir quelque utilité à déterminer expressément, par les réactions appropriées, ces descendants ultimes et transfigurés de bacilles pyocyaniques, si l'idée s'en présentait en l'absence de tout signe anamnestique. C'est ici la condition même de l'expérience, et la recherche de ces réactions où l'identité des germes se vérifiât : pouvoir gélatinolytique, sensibilité au sérum de Launoy, s'imposait en première ligne. Les bacilles dépourvus d'odeur n'ont pas différé, à cette épreuve, des germes odorants dont ils procèdent.

Ils sont donc bien des pyocyanoïdes, et l'on est par suite amené à distinguer désormais, dans chacune des races F et S des bacilles pyocyanoïdes, deux sous-races : l'une odorante, l'autre dépourvue d'odeur dans les cultures en bouillon.

Ce que j'ai dit plus haut de l'absence d'odeur chez des bacilles pyocyaniques véritables laisse entrevoir que ceux-ci doivent prêter de même à de pareilles subdivisions de leurs races.

MÉDECINE. — *Sur l'emploi du silicate de soude en injections intraveineuses. Effets physiologiques. Effets thérapeutiques.* Note de MM. **L. Scheffler**, **A. Sartory** et **P. Pellissier**, présentée par M. Guignard.

La silice est très répandue dans la nature, elle existe dans presque tous les organes des plantes et des animaux. Le corps humain en renferme plus de $6^g$, c'est-à-dire une quantité plus grande qu'il ne renferme de fer; mais le rôle de la silice dans l'organisme n'est pas encore exactement déterminé.

Plusieurs auteurs, en France et en Allemagne, se sont attachés à l'étude de la silice au point de vue physiologique et thérapeutique.

Gaube, du Gers, établit que les muscles de l'homme à l'état frais renferment 0,259 de silice pour 1000, et ceux de la femme 35 pour 100 de moins.

Les muscles du taureau en contiennent 0,40 pour 1000, tandis que ceux du bœuf en contiennent seulement 0,114. Gaube émet alors l'hypothèse que la silice aurait « pour action de chasser une partie de l'acide carbonique résultant de l'activité musculaire plus intense chez le mâle que chez la femelle ou les individus émasculés » et il ajoute : « cette hypothèse n'a rien d'invraisemblable si l'on veut bien se rappeler que l'acide silicique est le grand destructeur des carbonates au sein de la terre.... »

En médecine interne, c'est le silicate de soude qui a été surtout employé.

Decène Ollivier insiste sur les propriétés antifermentescibles et « vivifiantes » du silicate de soude et l'emploie contre l'artério sclérose, la fièvre typhoïde. Bodin, Pascaut l'utilisent dans les mêmes affections et dans certaines dyspepsies.

Le Professeur Albert Robin insiste à différentes reprises sur l'utilité des silicates dans la médication réminéralisatrice de la tuberculose.

L'un de nous, dans un travail publié en juin 1908 dans les *Archives générales de Médecine*, attribuait la prédisposition à l'artério-sclérose à un défaut de silice dans la minéralisation organique.

« Le manque de silice dans l'organisme, l'anémie siliceuse, si l'on peut employer cette expression, se traduira donc par un travail de réduction insuffisant et une élimination réduite de $CO^2$; il y aura donc une viciation relative de la nutrition cellulaire, production anormale de toxine.

L'apport siliceux aurait donc pour résultat une élévation de la vitalité, un perfectionnement des échanges organiques, un *stimulus* vital.

Tous les auteurs qui ont préconisé le silicate de soude contre l'artériosclérose lui reconnaissent des propriétés hypotensives.

Jusqu'à présent, le silicate de soude en médecine interne a été exclusivement employé *per os*, à la dose de $1^g$ à $3^g$ par jour.

Marq, étudiant dans le laboratoire du professeur Robin l'élimination du silicate de soude, signale que, sur un gramme ingéré, l'intestin en rejette 0,80 et en absorbe 0,20 dont 0,10 sont éliminés par l'urine dès le premier jour et 0,05 les jours suivants.

D'autre part, la quantité normale de silice contenue dans les urines de 24 heures est de 0,03 environ.

Ces dernières données nous ont amené à penser que si l'on pouvait introduire le silice dans l'organisme par voie intraveineuse, de très faibles doses seraient suffisantes pour donner des résultats thérapeutiques marqués, comme on l'observe avec les divers médicaments employés par voie intraveineuse.

C'est ainsi que nous avons été conduits à étudier la possibilité d'introduire le silicate de soude dans l'économie par voie intraveineuse, bien que cette méthode ait été considérée comme impossible ou dangereuse par tous les auteurs qui en ont fait mention.

Nos expériences ont porté d'abord sur les animaux de laboratoire. Les résultats moyens de ces expériences sont les suivants : Pour le cobaye, le silicate de soude en injection intraveineuse est toléré sans aucun trouble à la dose de $0^{cg},02$ par kilogramme. Si l'on double la dose, soit $0^{cg},04$ par kilogramme d'animal, l'injection est suivie d'amaigrissement pendant les 2 à 3 jours qui suivent. Le poids normal est repris en 4 à 5 jours.

Des phénomènes d'intoxication apparaissent à la dose de $0^{cg},06$ par kilogramme d'animal.

La dose toxique et mortelle avoisine $0^{cg},08$ par kilogramme d'animal.

*Le lapin* est plus sensible à l'action des silicates. Pour cet animal, les doses de $0^{mg},01$ à $0^{mg},15$ par kilogramme sont tolérées sans effet apparent.

A la dose de $0^{cg},02$ par kilogramme, des phénomènes d'intoxication apparaissent : fièvre, hémoptysie ; mais après une période de 2 à 3 jours où l'amaigrissement est très sensible, la santé revient complètement en 8 jours.

Sachant d'autre part que les doses de silicate de soude *per os*, de 2 à 3 grammes par jour et longtemps prolongées, sont inoffensives chez l'homme, nous avons essayé, très prudemment, les injections intraveineuses, d'abord à la dose de $0^{mg},001$ jusqu'à $1^{cg}$ *pro die*.

Nous n'avons jamais observé aucun accident ou inconvénient, ni immédiat ni éloigné.

Nous pratiquons l'injection intraveineuse avec la technique habituelle. La solution que nous utilisons, et que nous avons établie empiriquement, représente $0^{mg},005$ de silicate de soude par centicube. Elle n'altère pas le globule sanguin. La dose que nous employons habituellement est de deux centicubes, soit un centigramme de silicate *pro die*.

Nous trouvons plus avantageux, au point de vue de la persistance des effets et de la durée du traitement (8-10 injections), de faire l'injection tous les deux jours et nous débutons toujours par une dose de $0^{mg}005$.

Cette médication est indiquée chez tous les malades susceptibles de bénéficier du traitement siliceux.

Nous l'avons employée utilement chez les artério-scléreux, les cardio-rénaux, les angineux.

La tension artérielle baisse, la viscosité sanguine diminue ou augmente, parfois, mais toujours pour tendre vers la normale, la dyspnée diminue, il y a élévation de la vitalité générale.

Ce sont les artério-scléreux et les cardio-rénaux qui nous semblent avoir retiré le plus d'avantages de la méthode.

Dans certains cas de rhumatisme chronique et déformant, les résultats sont très encourageants.

En ce qui concerne la tuberculose (réminéralisation) le traitement a paru inoffensif, mais la question est encore à l'étude.

La présente Note a surtout pour but d'établir :

1° Que le silicate de soude peut être employé en injection intraveineuse, sans danger ou inconvénient aux doses indiquées;

2° Que cette méthode s'applique utilement au traitement des maladies justiciables de la médication siliceuse;

3° La médication siliceuse peut donc bénéficier de toute la valeur thérapeutique propre aux médications intraveineuses.

M. C.-M. **Dabrowski** adresse une Note intitulée : *Complément à mon essai de définitions axiomatiques des notions fondamentales de la géométrie.*

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE MAI 1920.

*Les industries chimiques françaises*, par PAUL BAUD. Extrait de la *France de Demain* publiée par l'Association italo-française d'expansion économique. Paris, s. d.; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. Haller.)

*Observations vitales sur le chondriome des végétaux et recherches sur l'origine des chromoplastides et le mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens*, par A. GUILLIERMOND. Paris, E. Orlhac, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

*Histoire de la Chimie*, par MAURICE DELACRE. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Lemoine.)

*Third annual report of the National advisory committee for aeronautics*, 1917. Washington, Government printing office, 1918; 1 vol. 25cm.

*A Naturalist in the Bahamas : John I. Northrop*, par HENRY FAIRFIELD OSBORN. New-York, the Columbia University Press, 1910; 1 vol. 24cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco. Fascicule LIII : *Cirrhipèdes provenant des campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince de Monaco* (1885-1913), par A. GRUVEL. Monaco, 1920, 1 vol. 35cm,5. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

*L'infection bacillaire et la tuberculose chez l'homme et chez les animaux*, par A. CALMETTE. Paris, Masson, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Calmette.)

*Discours d'ouverture du quatrième congrès des Mathématiciens scandinaves à Stockholm*, 1916, par G. MITTAG-LEFFLER. Uppsala, Almquist et Wiksells, 1920; 1 fasc. 23cm.

*Phosphore, arsenic, antimoine*, par A. BOUTARIC et A. RAYNAUD. Paris, Gaston Doin, 1920; 1 vol. 18cm.

*Catalogue raisonné et descriptif des collections d'ostéologie du service d'anatomie comparée du Muséum d'histoire naturelle*, par R. ANTHONY : *Mammifères*, fascicule XI : *Edentata*. Paris, Masson, 1920; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

*Problèmes astronomiques*, par le Lieutenant-Colonel DELAUNAY. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. L. Mangin.)

---

## ERRATA.

(Séance du 17 mai 1920.)

Note de M. *Ph. Négris*, Sur les alternatives des époques glaciaires et interglaciaires durant la période quaternaire :

Page 1193, ligne 3, *au lieu de* plus basse, *lire* plus considérable.

(Séance du 14 juin 1920.)

Note de M. *Stéphan Procopiu*, Biréfringence et dichroïsme de la fumée de chlorhydrate d'ammoniaque dans le champ électrique :

Page 1446, ligne 26, *au lieu de* $6^{\mu}$ pour le rayon, *lire* $0^{\mu},9$ pour le rayon.

(Séance du 26 juillet 1920.)

Note de M. *J. Nageotte*, Ostéogenèse dans les greffes d'os mort :

Page 281, ligne 25, *au lieu de* tuniques artificielles, *lire* tuniques artérielles.

(Séance du 9 août 1920.)

Note de M. *A. Buhl*, Sur les symétries du champ électromagnétique et gravifique :

Page 346, ligne 3, *au lieu de* $M_{i\omega}$, *lire* $M_{j\omega}$; ligne 10, *au lieu de* $\delta_2 x_1$, *lire* $\delta_2 x_2$; ligne 14, *au lieu de* par $-ik$, *lire* par $ik$.

Page 347, ligne 18, *au lieu de* de $dx_i$, *lire* de $\delta x_i$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 23 AOUT 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'existence à Madagascar d'un silicate de scandium et d'yttrium, la* thortveitite. Note (¹) de M. **A. Lacroix.**

Le scandium est considéré comme un élément des plus rares, disséminé, à l'état de traces, dans un petit nombre de minéraux. Lorsqu'en 1908, Sir William Crookes se proposa de faire l'étude chimique des sels de scandium, il ne put trouver qu'un seul minéral, la wiikite de Finlande, dans lequel la teneur en scandium fut un peu supérieure à 1 pour 100 (1,2 pour 100). Mais en 1911, M. J. Schetelig a décrit (²), sous le nom de *thortveitite*, un minéral trouvé à Iveland en Norvège, et qui renferme 37 pour 100 de scandine. Sa composition répond à la formule $(Sc, Y)^2 Si^2 O^7$. Ce minéral, resté fort rare, n'avait jusqu'à présent été retrouvé dans aucun autre gisement.

Au cours de l'étude d'un lot d'échantillons recueilli dans la pegmatite de Befanamo, à l'est d'Ankazobé, que M. Rasamoel avait soumis à mon examen, mon attention s'est arrêtée sur un minéral qui m'était inconnu. La détermination de ses propriétés physiques m'ayant montré leur identité avec celles du minéral décrit par M. Schetelig, j'ai demandé à mon confrère et ami, M. de Gramont, de vouloir bien donner à cette détermination une vérification spectrographique, en attendant une analyse plus complète. Avec le concours de MM. Dureuil et Orcel, M. de Gramont a obtenu, à l'aide de sa méthode des sels fondus dans l'étincelle condensée et

(¹) Séance du 17 août 1920.

(²) *Centralbl. N. Jahrb. f. Miner.*, p. 721.

en employant comme fondant le $Na^2CO^3$, un spectrogramme dans lequel le spectre du scandium est prédominant, associé à celui de l'yttrium et du néoytterbium, avec l'indication d'un peu de zirconium, d'aluminium et de titane.

Les cristaux que j'ai examinés ne sont que des fragments et cependant, certains d'entre eux atteignent $10^{cm}$ suivant l'axe vertical, avec $3^{cm}$ de diamètre; tous résultent du groupement à axes plus ou moins parallèles d'individus d'inégales dimensions.

Leurs propriétés optiques montrent qu'ils sont orthorhombiques : ils sont réduits aux faces $m(110)$, souvent éclatantes, mais ondulées, cannelées verticalement et ne fournissant par suite que de mauvaises mesures [$mm = 107°$ env.]. Aucun de ces cristaux n'est terminé par des faces distinctes; ils présentent généralement un mode de déformation que j'ai rencontré dans un certain nombre d'autres minéraux des pegmatites malgaches (strüvérite, monazite, béryl) et qui a été signalé aussi par M. Brögger dans quelques minéraux des pegmatites norvégiennes. Ils sont étirés en pointe, à la façon de la célestite apotome des environs de Paris, mais sans qu'il soit possible de définir la signification géométrique des plans qui les limitent.

Le minéral est translucide, d'un vert jaune, par place marbré de rouge (inclusions d'hématite); par altération, il devient blanc et opaque.

Il existe un clivage imparfait ou plutôt des plans de séparation suivant $m$ (110); parfois, les faces prismatiques présentent des cannelures rappelant les stries du clivage $p$ des feldspaths tricliniques. L'examen en lumière polarisée parallèle de sections perpendiculaires à l'axe vertical fait voir qu'il s'agit là de macles polysynthétiques suivant $m$. Le signe optique est négatif et la bissectrice est perpendiculaire à $c$, le plan des axes optiques parallèle à $g^1(010)$. La biréfringence maximum est voisine de 0,05. $2V = 60°$ à $70°$, $n_g = 1,80$, $n_p = 1,75$. La densité est de 3,55 (3,57, Iveland).

Toutes ces propriétés sont celles du minéral norvégien, mais il en existe deux autres qui semblent spéciales aux cristaux de ce nouveau gisement.

J'ai rencontré fréquemment une macle binaire qui a lieu parallèlement à $g^{\frac{3}{2}}$; elle se traduit par une large gouttière formée par les faces du prisme.

Lorsqu'on examine devant une lumière l'une des extrémités brisées d'un cristal, on voit miroiter des plans brillants, interrompus, faisant partie de la zone $ph^1$ et dont l'angle avec l'axe vertical est d'environ 104° (angle plan mesuré dans une section $g^1$), ce qui, en partant des paramètres donnés

par M. Schetelig, conduit pour la notation de cet orthodome à $a^6$(106). L'examen microscopique fait voir qu'il s'agit de plansde séparation, probablement d'origine secondaire, très répétés et accompagnés de macles polysynthétiques qui rappellent les macles suivant $p$ du pyroxène et de l'amphibole.

Cette description sommaire sera complétée prochainement quand j'aurai à ma disposition une quantité de matière plus considérable, mais j'ai cru devoir dès à présent signaler ce minéral dont la présence à Madagascar complète les analogies si frappantes qui existent, au point de vue de la composition minéralogique, entre certaines des pegmatites malgaches et beaucoup de celles du sud de la Norvège; à Iveland, la thortveitite est accompagnée de monazite, euxénite, xénotime, ilmenorutile, béryl, magnétite, muscovite et béryl; à Befanamo, les mêmes minéraux se rencontrent, à l'exception du xénotime et de l'euxénite, mais avec la fergusonite en plus. La découverte de la thortveitite, qui existe sans doute en quantité suffisante pour permettre l'extraction ultérieure d'une quantité d'oxyde de scandium suffisante pour permettre d'entreprendre l'étude chimique plus complète de ce métal, m'a conduit à rechercher si le scandium n'existerait pas dans d'autres minéraux de la région, et pour cela j'ai eu encore recours à la compétence de M. de Gramont. Quelques résultats intéressants ont été obtenus déjà; c'est ainsi que l'analyse spectrale a montré l'existence du corps cherché dans un minéral dans lequel il n'a pas été signalé jusqu'ici, dans la *cymophane* qui, dans un gisement peu éloigné de Befanamo, à Miakanjovato, se rencontre en cristaux de dimensions insolites, dépassant 10$^{cm}$ de plus grande dimension.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur la méthode biochimique de recherche des glucosides hydrolysables par l'émulsine, à propos de la Note de M. P. Delauney* (1). Note de M. **Ém. Bourquelot.**

La Note par laquelle M. P. Delauney signale deux espèces végétales dont il a pu extraire, à l'état de pureté, un glucoside hydrolysable par l'émulsine, m'amène à rappeler brièvement les résultats que la méthode biochimique de recherche de ces glucosides a donnés depuis qu'elle a été publiée.

(1) Voir ci-dessous, p. 435.

A l'époque où j'ai fait connaître cette méthode, c'est-à-dire en 1901 [1], le nombre de glucosides hydrolysables par l'émulsine retirés des végétaux s'élevait à dix. Ils avaient été découverts par hasard au cours du XIX^e siècle, le premier connu, la *salicine*, l'ayant été en 1829 par Leroux, qui l'a présenté d'abord à l'Académie comme un alcaloïde [2]. Les autres sont par ordre chronologique de leur découverte : l'amygdaline (1830), l'esculine (1831), la syringine (1841), l'arbutine mélangée de méthylarbutine (1850), la coniférine (1861), la gentiopicrine (1862), la salicinéréine (1890) et la picéine (1894).

La méthode biochimique a permis d'en découvrir et d'en isoler 14 nouveaux : aucubine (1902); sambunigrine et prulaurasine (1905); jasmiflorine (1906); bakankosine et taxicatine (1907); verbénaline, oleuropéine et érytaurine (1908); arbutine vraie (1910); méliatine (1911); hépatrilobine (1912); loroglossine (1919) et scabiosine (1920), auxquels on peut ajouter un polysaccharide, le verbascose dont la méthode a révélé indirectement l'existence dans la racine de Molène (1910).

Elle a conduit en même temps à établir que beaucoup de ces glucosides existent dans plusieurs espèces appartenant parfois à des familles très éloignées au point de vue botanique.

Ainsi la syringine, découverte dans le lilas, a été retrouvée dans diverses espèces de Troëne et de Jasmin; l'arbutine, dans toutes les variétés de Poirier, dans la Pyrole à feuilles rondes, dans les feuilles de *Grevillea robusta* et d'*Hakea laurina;* la gentiopicrine, qu'on n'avait retirée que de la racine de Gentiane jaune, l'a été de la Chlore perfoliée, de la Swertie vivace et de six autres espèces de gentiane; l'aucubine a été retrouvée dans les espéces du genre *Garrya* et dans les Plantains; la prulaurasine, découverte dans les feuilles de Laurier-cerise, a été isolée des feuilles de *Cotoneaster microphylla* et enfin M. Delauney vient déjà d'établir que la loroglossine du *Loroglossum* existe dans deux autres espèces d'Orchidées.

En fait, à l'aide de la méthode biochimique, des glucosides ont été découverts dans 56 espèces de plantes et isolés.

Mais cela n'est rien en présence de ce qui existe réellement.

---

(1) *Recherche, dans les végétaux, du sucre de canne à l'aide de l'invertine et des glucosides à l'aide de l'émulsine* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 690). — *Sur la recherche, dans les végétaux, des glucosides hydrolysables par l'émulsine* (*Journ. de Ph. et de Ch.*, 6^e série, t. 23, 1906, p. 369).

(2) *Analyse des Séances de l'Académie royale des Sciences* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 2^e série, t. 41, 1829, p. 295).

La méthode a été appliquée, jusqu'ici, dans mon laboratoire, à 281 espèces de plantes phanérogames; elle a révélé la présence de glucosides dans 205 de ces espèces, c'est-à-dire dans les trois quarts des espèces examinées. Puisque ces glucosides ont été retirés de 56 de ces espèces, nous connaissons donc dès maintenant 149 autres espèces dont le ou les glucosides restent à isoler. Et si la proportion des espèces à glucosides se maintient pour toutes les autres phanérogames, — et il n'y a pas de raison pour qu'il en soit autrement, puisque les espèces étudiées ont été prises un peu au hasard, — on voit qu'il y a là du travail pour plusieurs générations de chimistes que, d'ailleurs, la méthode peut guider même dans le choix des procédés d'extraction.

En tout cas, il serait difficile de soutenir aujourd'hui, comme on a pu le faire alors qu'on ne connaissait que 10 glucosides hydrolysables par l'émulsine, que ces principes ne jouent qu'un rôle secondaire dans la vie des plantes. Il me paraît plus probable que leur présence si générale tient, comme celle du glucose et du saccharose, à des phénomènes nutritifs communs à tous les végétaux. Il y a là encore, à résoudre, un problème physiologique du plus grand intérêt.

M. Yves Delage fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier et qui a pour titre *Le Rêve*. Le sous-titre, *Étude psychologique, physiologique et littéraire*, indique qu'aucun point de vue de cette vaste question n'a été laissé de côté. Une analyse complète de l'Ouvrage exigerait des développements incompatibles avec cette présentation. Nous nous bornerons donc à l'énumération des Chapitres : I. Méthodes; II. Caractères extrinsèques du Rêve; III. Caractères intrinsèques du Rêve; IV. Hallucinations hypnagogiques et lueurs entoptiques; V. Constitution des idées et base physiologique des processus psychiques; VI. Rêves représentatifs simples; VII. Les Rêves complexes; VIII. Les facultés de l'âme dans le Rêve; IX. Émotions et sentiments; X. Processus psychiques particuliers; XI. Rêves catégorisés; XII. Rêve du type dit de *Maury guillotiné* et les illusions du temps dans le rêve; XIII. Les grandes théories du Rêve; XIV. Le Rêve dans la médecine; XV. Portée philosophique et valeur utilitaire du rêve; XVI. Le Rêve dans la littérature; XVII. Résumé et conclusions.

Bien que ce Livre présente l'exposé des faits publiés et des théories émises, il n'est point une simple compilation : à chaque page, l'auteur entre dans le débat, apportant des observations inédites, des expériences

nouvelles, des théories personnelles. Cet ouvrage représente un labeur de trente années, les premières observations publiées par l'auteur sur ce sujet remontant à 1891 (*Rev. Scient.*, t. 48).

ASTRONOMIE. — *Sur des étoiles dont le mouvement propre annuel total est supérieur à* 0″,5. Note [1] de M. **Eugène Cosserat.**

Un premier complément de caractère particulier, à apporter à ma Note [2] du 1$^{er}$ septembre 1919, consiste à prolonger le Tableau qu'elle renferme de la façon suivante :

| N$^{os}$. | $\alpha_0$. | $\mu$. | $\delta_0$. | $\mu'$. |
|---|---|---|---|---|
| | h m s | s | ° ′ ″ | ″ |
| 8..... | 10. 7.52,09 | —0,007 | 10. 6.20,5 | —0,54 |
| 9..... | 13.24.54,27 | 0,074 | 10.55.26,2 | —1,12 |

Les étoiles n$^{os}$ 8 et 9 correspondent respectivement aux désignations

$$\text{VII}.76.275 = \text{VII}.77.143 = 2122\ \text{BD} + 10°$$

et

$$\text{VII}.101.135 = 3735\ \text{Tou}_2 = 2576\ \text{BD} + 11°;$$

elles ne paraissent pas avoir encore été signalées; elles ne font partie ni des 1053 étoiles mises en évidence, la plupart pour la première fois de 1915 à 1918, par M. Wolf, ni du Catalogue de J. Bossert, publié récemment par L. Schulhof.

## CORRESPONDANCE.

MM. **Frédéric Laporte, Julien Peyrot, Pierre de Vanssay de Blavons** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la réduction d'un problème de la Mécanique rationnelle à une équation intégrale linéaire.* Note de M. **I. Fredholm.**

Dans sa conférence au Congrès de Rome en 1908, Poincaré a dit que l'on devait pouvoir appliquer la théorie des équations intégrales linéaires à la

(1) Séance du 17 août 1920.
(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 414.

théorie des équations différentielles ordinaires. Un premier pas vers la réalisation de l'idée de Poincaré serait la réduction du problème à une équation intégrale linéaire. Voici comment on peut la faire pour un système d'équations différentielles de la forme

$$\frac{du_\nu}{dt} = v_\nu, \qquad \frac{dv_\nu}{dt} = X_\nu(u_1 \ldots u_n).$$

Considérons une solution de ce système correspondant aux valeurs initiales $u_\nu = x_\nu$, $v_\nu = \alpha_\nu$ pour $t = 0$ et soit V une fonction des $u_\nu$, $v_\nu$. En considérant V comme fonction des $x_\nu$, $\alpha_\nu$, V satisfait à l'équation de Lagrange

$$(2) \qquad \frac{\partial V}{\partial t} - \alpha_1 \frac{\partial V}{\partial x_1} - \ldots - \alpha_n \frac{\partial V}{\partial x_n} - X_1 \frac{\partial V}{\partial \alpha_1} - \ldots - X_n \frac{\partial V}{\partial \alpha_n} = 0.$$

Posons $\omega = \alpha_1 y_1 + \ldots + \alpha_n y_n$, $d\alpha = d\alpha_1, \ldots, d\alpha_n$ et multiplions l'équation (2) par $e^{i\omega} d\alpha$ et faisons l'intégration sur tout l'espace des $\alpha$, nous obtenons, en posant

$$U = \int_{-\infty}^{+\infty} \ldots \int_{-\infty}^{+\infty} V e^{i\omega} d\alpha,$$

l'équation différentielle suivante pour U

$$(3) \qquad i\frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial^2 U}{\partial x_1 \partial y_1} - \ldots - \frac{\partial^2 U}{\partial x_n \partial y_n} = (X_1 y_1 + \ldots + X_n y_n) U.$$

Pour être sûr de l'existence de U on peut choisir V de manière que cette fonction soit différente de zéro seulement dans quelque domaine de dimensions finies. On voit de même que l'on pourra supposer que U converge vers zéro pour des valeurs infinies des $x_\nu$, $y_\nu$.

Cela posé, observons que

$$U = \frac{1}{t^n} e^{\frac{i}{t}(x_1 y_1 + \ldots + x_n y_n)} = \gamma(t_1 x_1 \ldots y_1 \ldots)$$

satisfait à l'équation différentielle

$$BU = i\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial^2 U}{\partial x_1 \partial y_1} + \ldots + \frac{\partial^2 U}{\partial x_n \partial y_n} = 0$$

et posons pour abréger

$$AU = i\frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial^2 U}{\partial x_1 \partial y_1} - \ldots - \frac{\partial^2 U}{\partial x_n \partial y_n}.$$

Si nous désignons par $\gamma$ la fonction

$$\gamma(t - \tau, x_1 - \xi_1 \ldots y_1 - \eta_1 \ldots),$$

nous aurons

$$\gamma AU + UB\gamma = (X_1 y_1 + \ldots + X_n y_n) U.$$

En multipliant cette équation par $dt\,dx_1 \ldots dy_n = dt\,dS$ et en intégrant par rapport à $\tau$, entre les limites o et $t < \tau$, et par rapport aux autres variables, entre les limites $-\infty$ et $+\infty$, nous obtenons

$$i\int_S (U_\gamma)_t\,dS - i\int_S (U_\gamma)_0\,dS = \int_0^\tau \int_S (X_1 y_1 + \ldots + X_n y_n) U_\gamma\,d\tau\,dS.$$

Faisant maintenant tendre $t$ vers $\tau$ on trouve facilement

$$\lim_{t=\tau} \int_S (U_\gamma)_t\,dS = (-2\pi)^n U(\tau, \xi_1 \ldots \eta_n).$$

L'autre intégrale, dans le premier membre, doit être considérée comme une fonction connue soit $(-2\pi)^n U_0(\tau, \xi_1, \ldots, \eta_n)$, et ainsi on est conduit à une équation intégrale linéaire de seconde espèce pour U :

$$U + \frac{i}{(-2\pi)^n} \int_0^\tau \int_S (X_1 y_1 + \ldots + X_n y_n) U_\gamma\,dt\,dS = U_0.$$

L'état actuel de la théorie des équations intégrales ne paraît cependant pas permettre une étude suffisamment approfondie de l'équation proposée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La fonction* $W_{k,\mu_1,\mu_2,\ldots,\mu_n}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$. Note (¹) de M. **Pierre Humbert**, transmise par M. Appell.

Nous avons indiqué récemment (²) la définition et diverses propriétés de la fonction $W_{k,\mu,\nu}(x, y)$, qui est une généralisation à deux variables de la *confluent hypergeometric function* $W_{k,m}(x)$ de M. Whittaker. On peut également en donner une généralisation à $n$ variables de la façon suivante :

Considérons les équations aux dérivées partielles du second ordre auxquelles satisfait la fonction hypergéométrique à $n$ variables (introduite par M. Lauricella)

$$F_A(\alpha;\ \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n;\ \gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n;\ x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

(¹) Séance du 17 août 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 564, 832, 1152, 1482.

c'est-à-dire

$$(1)\quad \begin{cases} x_i(1-x_i)\dfrac{\partial^2 y}{\partial x_i^2} - x_i x_1 \dfrac{\partial^2 y}{\partial x_i \partial x_1} - \ldots - x_i x_{i-1}\dfrac{\partial^2 y}{\partial x_i \partial x_{i-1}} - x_i x_{i+1}\dfrac{\partial^2 y}{\partial x_i \partial x_{i+1}} \\ \quad - \ldots - x_i x_n \dfrac{\partial^2 y}{\partial x_i \partial x_n} + [\gamma_i - (\alpha + \beta_i + 1)x_i]\dfrac{\partial y}{\partial x_i} \\ \quad - \beta_1 x_1 \dfrac{\partial y}{\partial x_1} - \ldots - \beta_{i-1}x_{i-1}\dfrac{\partial y}{\partial x_{i-1}} \\ \qquad\qquad - \beta_{i+1}x_{i+1}\dfrac{\partial y}{\partial x_{i+1}} - \ldots - \beta_n x_n \dfrac{\partial y}{\partial x_n} - \alpha\beta_i y = 0 \\ \qquad\qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \end{cases}$$

Faisons alors $\alpha = \mu_1 + \mu_2 + \ldots + \mu_n - k + \frac{n}{2}$, $\gamma_i = 2\mu_i + 1$, les $\mu_i$ et $k$ étant des constantes, puis remplaçons $x_i$ par $\frac{x_i}{\beta_i}$, et faisons tendre simultanément tous les $\beta$ vers l'infini. Dans le système que nous obtenons à la limite, faisons le changement de fonction

$$z = x_1^{\mu_1+\frac{1}{2}} x_2^{\mu_2+\frac{1}{2}} \ldots x_n^{\mu_n+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x_1+x_2+\ldots+x_n}{2}} y$$

pour obtenir finalement le système

$$(2)\quad \begin{cases} x_i^2 \dfrac{\partial^2 z}{\partial x_i^2} - x_i\left[x_1\dfrac{\partial z}{\partial x_1} + \ldots + x_{i-1}\dfrac{\partial z}{\partial x_{i-1}} + x_{i+1}\dfrac{\partial z}{\partial x_{i+1}} + \ldots + x_n \dfrac{\partial z}{\partial x_n}\right] \\ \quad + z\left[-\dfrac{x_i^2}{4} - \dfrac{x_i}{2}(x_1 + \ldots + x_{i-1} + x_{i+1} + \ldots + x_n) + kx_i + \dfrac{1}{4} - \mu_i^2\right] = 0 \\ \qquad\qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \end{cases}$$

Pour

$$x_1 = \ldots = x_{i-1} = x_{i+1} = \ldots = x_n = 0$$

et

$$\mu_1 = \ldots = \mu_{i-1} = \mu_{i+1} = \ldots = \mu_n = -\frac{1}{2},$$

le système se réduit à l'équation différentielle unique de la fonction

$$W_{k,\mu_i}(x_i).$$

Nous désignons par $W_{k,\mu_1,\mu_2,\ldots,\mu_n}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ la solution de ce système qui, dans ces conditions, se réduit à $W_{k,\mu_i}(x_i)$.

Si aucun des $\mu$ n'est égal à $-\frac{1}{2}$, une solution du système (2) sera la fonction

$$M_{k,\mu_1,\ldots,\mu_n} = x_1^{\mu_1+\frac{1}{2}} \ldots x_n^{\mu_n+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x_1+\ldots+x_n}{2}} \sum_{m_1,\ldots,m_n} \frac{\left(\mu_1+\ldots+\mu_n - k + \frac{n}{2}, m_1 + \ldots + m_n\right)}{(2\mu_1+1, m_1)\ldots(2\mu_n+1, m_n)} \frac{x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n}}{m_1!\ldots m_n!},$$

et l'on aura $2^n$ solutions indépendantes de ce système, en changeant dans cette fonction le signe d'un ou plusieurs des $\mu$. La solution générale sera une fonction linéaire de ces $2^n$ solutions.

Parmi les applications de la fonction W à $n$ variables, citons la suivante, généralisation de l'une de celles que nous avons indiquées pour deux variables. Le polynome $V_{m_1, m_2, \ldots, m_n}$ à $n$ variables d'Hermite et Didon satisfait à un système $(S_1)$ dont le système de Didon est

$$(D_1)\quad \left\{ \begin{array}{l} (1-x_i^2)\dfrac{\partial^2 z}{\partial x_i^2} - x_i x_1 \dfrac{\partial^2 z}{\partial x_i \partial x_1} - \ldots - x_i x_{i-1}\dfrac{\partial^2 z}{\partial x_i \partial x_{i-1}} - x_i x_{i+1}\dfrac{\partial^2 z}{\partial x_i \partial x_{i+1}} - \ldots \\ \quad - x_i x_n \dfrac{\partial^2 z}{\partial x_i \partial x_n} + (2m_i - n - 1)x_i \dfrac{\partial z}{\partial x_i} \\ \quad + 2m_i\left(x_1\dfrac{\partial z}{\partial x_1} + \ldots + x_{i-1}\dfrac{\partial z}{\partial x_{i-1}} + x_{i+1}\dfrac{\partial z}{\partial x_{i+1}} + \ldots + x_n \dfrac{\partial z}{\partial x_n}\right) + 2m_i z = 0 \\ \qquad\qquad\qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \end{array} \right.$$

En remplacant $x_i$ par $\dfrac{x_i}{\sqrt{m_i}}$ et faisant tendre les $m$ vers l'infini, on obtient le système

$$(D_2)\qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x_i^2} + 2\left(x_1\frac{\partial z}{\partial x_1} + \ldots + x_n \frac{\partial z}{\partial x_n}\right) + 2z = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

qui est à son tour le système de Didon du système

$$(S_2)\quad \frac{\partial^2 y}{\partial x_i^2} + 2\left(x_1\frac{\partial y}{\partial x_1} + \ldots + x_n\frac{\partial y}{\partial x_n}\right) + 2(m_1 + \ldots + m_n + 1)y = 0 \quad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

auquel satisfait la fonction

$$y = x_1^{-\frac{1}{2}} x_2^{-\frac{1}{2}} \ldots x_n^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{x_1^2 + \ldots + x_n^2}{4}} W_{-\frac{m_1 + \ldots + m_n}{2} - \frac{n-3}{4}, -\frac{1}{4}, \ldots, -\frac{1}{4}}(-x_1^2, \ldots, -x_n^2).$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les surtensions créées par les harmoniques* 3 *de saturation des transformateurs triphasés*. Note [1] de M. **Swyngedauw**, transmise par M. A. Blondel.

Considérons un transformateur triphasé alimenté par des forces électromotrices triphasées sinusoïdales, les trois bornes du circuit haute tension étant connectées aux trois bornes du câble triphasé ; le point neutre de ces

(1) Séance du 17 août 1920.

enroulements haute tension et l'enveloppe du câble connectés à la terre. L'hystérésis et la saturation du fer du transformateur font naître, dans chacun des enroulements de ce dernier, une force électromotrice harmonique 3 de la force électromotrice d'alimentation. Ces harmoniques 3 créent une tension entre neutre et bornes du transformateur et, par suite, des courants de capacité harmoniques 3 du courant fondamental s'établissent dans les conducteurs du câble, quand le neutre est à la terre.

Considérons uniquement ces harmoniques 3.

1° Si le point neutre du secondaire du transformateur est isolé, la capacité insérée entre les bornes et le neutre est formée par l'association en série de la capacité des conducteurs du câble, par rapport à l'enveloppe, et de celle du point neutre qui est négligeable devant la première. Puisque le courant de capacité qui charge les deux capacités partielles est le même, la tension entre conducteurs et enveloppe du câble est pratiquement nulle, et la force électromotrice induite $E_3$ par l'harmonique 3 du flux fondamental est pratiquement égale à la tension entre neutre et terre et peut être mesurée au voltmètre.

2° Si le point neutre du transformateur est à la terre, cette force électromotrice harmonique 3 crée, entre conducteurs du câble et enveloppe, une tension $U_3$ harmonique 3 de la fondamentale, mesurable également au voltmètre.

D'après la théorie connue de la résonance, en considérant la capacité du câble comme concentrée en un condensateur, le facteur de surtension $\sigma$ sera donné par la relation

$$(1) \qquad \sigma = \frac{U_3}{E_3} = \frac{1}{\sqrt{R^2 H^2 + (XH - 1)^2}},$$

dans laquelle H est égal au produit de la capacité par la pulsation $\omega$, X au produit de la self-induction du circuit secondaire du transformateur par $\omega$, et R représente la somme des résistances *effectives* $R_t$ et $R_c$ du secondaire et du câble, c'est-à-dire majorées respectivement des pertes par effet Joule, par hystérésis et par courants de Foucault d'une part, et par l'effet du diélectrique d'autre part (¹).

Avec un transformateur de 12,5 kilovolts-ampères, on a obtenu la résonance ($\sigma$ maximum) à environ 50 p : s, avec un câble de $100^{mm^2}$ : 10000 volts de $3^{km}$ ou $4^{km}$ de long.

(¹) H, X, R sont directement mesurables aux voltmètre, ampèremètre, wattmètre.

L'expérience a montré (¹) que le maximum $\sigma_m$, correspondant à la résonance, dépend beaucoup de la cuve du transformateur, parce que le flux créé par les harmoniques 3 se ferme à travers la cuve, tandis que le flux principal se ferme à travers les noyaux du transformateur triphasé. Quand celui-ci se trouve dans sa cuve de fonte, $\sigma_m$ atteint environ 2 pour la fréquence 50. Avec le transformateur hors de sa cuve, $\sigma_m$ atteint presque le double.

$\sigma_m$ varie linéairement avec la fréquence dans les limites de l'expérience ; par extrapolation, on trouve que, pour 150 périodes, $\sigma_m$ atteint environ 3 pour le transformateur dans sa cuve et 5 s'il est hors de sa cuve.

Ces valeurs de $\sigma_m$ font prévoir des surtensions importantes des transformateurs à fer. Enfin, $\sigma_m$ croît avec la puissance du transformateur, et est d'autant plus élevé que les pertes à vide sont plus faibles.

D'autre part, l'amplitude de l'harmonique 3 atteint jusqu'à 0,3 de la force électromotrice fondamentale, si l'on fait travailler le fer à des inductions maxima de 15000 gauss.

Des *conclusions pratiques* importantes découlent de cette étude :

Dans le cas où les circuits secondaires haute tension du transformateur triphasé sont associés en étoile et ont leur neutre connecté à la terre, les circuits du primaire et de l'alternateur associés en étoile, dont une au moins est isolée, la résonance des harmoniques de saturation est possible et peut, avec des transformateurs travaillant à forte saturation, donner des surtensions importantes avec les longueurs de câbles usuelles (quelques kilomètres pour les transformateurs de grande puissance, quelques centaines de mètres pour les transformateurs de petite puissance de quelques kilovolts-ampères); mais l'action des harmoniques 3 est surtout à craindre au moment de l'enclenchement ou du déclenchement du disjoncteur. On sait, en effet, que lorsqu'on ferme un réseau sur le circuit haute tension d'un transformateur, la tension entre phases atteint quelquefois 1,5 à 1,6 fois la tension normale. Par suite, pendant un petit laps de temps, le transformateur travaille en surtension et le circuit magnétique se sature momentanément avec excès; la force électromotrice de l'harmonique 3 atteint une valeur de 30 à 40 pour 100 de la force électromotrice fondamentale engendrée dans une phase.

---

(¹) J'ai fait une expérience schématique en alimentant les trois phases d'un transformateur triphasé par un courant monophasé donnant une force électromotrice secondaire de même fréquence que l'harmonique 3 des courants triphasés employés ensuite.

Étant donné que dans certains cas, en particulier pour des petits transformateurs de quelques kilovolts-ampères, et pour des tensions égales ou supérieures à 10000 volts, le coefficient de surtension atteint jusqu'à 6 ou 7, on se rend compte du rôle dangereux de l'harmonique 3 de saturation, au moment de la manœuvre du disjoncteur.

La surtension de fermeture créant, entre phases, une tension de l'ordre de 1,5 de la force électromotrice fondamentale normale pourra créer des tensions égales à $0,3 \times 6$ ou $0,3 \times 7$, c'est-à-dire d'environ 2 fois la tension normale, et qui se superposera à la première de façon à créer, entre masse et phases, une tension instantanée atteignant et dépassant même $(1,5 + 2)$ soit 3,5 fois la normale; l'harmonique 3 monte pour ainsi dire sur le dos de l'onde fondamentale, surélevée elle-même par la surtension de fermeture ou d'ouverture, pour atteindre un potentiel plus élevé qui lui permette de percer l'isolant, entre masse et phase, à son aise [1].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le soufre colloïdal.* Note de M. **Paul Bary**, transmise par M. Haller.

On peut obtenir des suspensions de soufre de deux sortes distinctes qui ont été décrites et étudiées par Berthollet, Selmi, Debus, Engel, Spring, Maillard, etc.

Elles peuvent se présenter sous forme de liquides d'apparence laiteuse. Ces liqueurs sont peu stables si le liquide est formé d'eau à peu près pure; elles peuvent persister quelques semaines si le liquide contient un colloïde hydrophile tel que gomme arabique, gélatine, etc.; le dépôt qui se forme dans tous les cas est du soufre amorphe qui se transforme peu à peu sous la seule influence du temps en soufre octaédrique.

La seconde variété de suspension de soufre est formée d'une liqueur limpide, incolore ou légèrement jaune quand elle est concentrée; par refroidissement, la liqueur d'abord claire se trouble et prend l'aspect des suspensions du premier type; l'effet se produit pour des abaissements de température d'autant plus faibles que la solution est plus concentrée. Quand la température est suffisante, ces liqueurs sont absolument stables, même pour des concentrations qui peuvent atteindre 50 pour 100.

Dans le but de rechercher la forme sous laquelle le soufre existe dans ces

---

(1) Je donnerai plus de détails dans un Mémoire qui paraîtra prochainement dans un autre recueil.

dernières suspensions, j'ai appliqué à ce cas la méthode décrite dans une Note précédente [1] qui permet de déterminer, par la mesure de la viscosité, la valeur du gonflement des granules de la suspension. J'ai utilisé dans ce but les résultats des expériences de M. Sven Odèn [2] qui a mesuré la viscosité de suspensions de soufre de concentrations diverses et à différentes températures.

Les suspensions employées par M. Sven Odèn contiennent, en outre du soufre colloïdal, une petite quantité de chlorure de sodium (environ 6 à 8 pour 100 du soufre) nécessaire à la stabilité.

Le calcul du coefficient de gonflement moyen $a$ n'est naturellement applicable qu'aux faibles concentrations; quand celle-ci varie de 7,68 à 1,28 pour 100, le coefficient $a$ passe de la valeur 1,14 à 0,37; aux concentrations intermédiaires, $a$ décroît régulièrement.

Il ressort de ces résultats que les granules de suspensions de soufre contiennent d'autant moins d'eau absorbée que la concentration est plus faible; c'est la même conclusion que celle à laquelle j'étais arrivé précédemment pour les colloïdes hydrophiles. On doit donc considérer que le soufre rentre dans cette catégorie et que la diminution du gonflement provient de ce que les granules se subdivisent en granules de plus en plus petits quand la dilution augmente.

La diminution de grosseur des granules est d'ailleurs confirmée par le fait que la stabilité est d'autant plus grande au refroidissement que la concentration est plus faible.

Le soufre colloïdal est donc un corps susceptible d'absorber l'eau en quantité parfois assez grande; cette absorption est favorisée par la présence dans la solution de sels de métaux monovalents tels que H, K, Na, à faibles doses, tandis qu'elle est empêchée par l'action des sels de métaux bivalents Ba, Mg, Ca, etc. qui coagulent les suspensions; le soufre coagulé ne contient pas ou peu d'eau; il est opaque et les granules sont aisément visibles à l'ultra-microscope, alors que dans les suspensions stables de soufre, comme dans les solutions de colloïdes organiques, les granules ne sont que peu visibles.

Le soufre des suspensions instables est comparable à un colloïde qui a été pectisé par les agents de coagulation; sous cette forme, il a tendance comme le soufre mou à reprendre l'état cristallin.

La différence entre le soufre gonflable et le soufre pectisé n'est pas seulement due à une modification allotropique de ce corps; de même qu'on l'a observé fréquemment

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1388.

(2) *Nova acta Upsala*, 4e série, t. 3, n° 4, 1913.

pour l'hydrate ferrique, l'acide tungstique, l'acide silicique, etc., le soufre colloïdal est un acide ou un sel à radical condensé ; dans la préparation de ces suspensions par l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'anhydride sulfureux, le soufre colloïdal obtenu est un acide polythionique. La dialyse prolongée permet de lui enlever progressivement une grande quantité d'acide sulfurique en même temps que se déposent des quantités croissantes de soufre plus ou moins profondément pectisé.

En préparant des suspensions de soufre opaque par l'action rapide du gaz sulfhydrique sur une solution faible d'acide sulfureux, j'ai remarqué qu'on obtenait des suspensions laiteuses relativement stables tant qu'un excès d'hydrogène sulfuré persistait dans la solution et qu'il suffisait de faire le vide au-dessus pour coaguler la totalité du soufre. J'ai constaté également des modifications importantes dans l'aspect de la suspension lorsqu'on ajoute avant le passage de l'acide sulfhydrique des quantités variables de magnésie ou de chaux. On obtient alors des liqueurs plus stables qui, au lieu d'être blanches, sont bleutées, ou violacées, ou grises, suivant les cas ; la coloration étant liée sans doute à la grosseur des granules en suspension.

Dans la préparation de suspensions laiteuses de soufre par dilution dans l'eau d'une solution acétonique de soufre ordinaire, j'ai observé que des suspensions de faible concentration étaient stables tant que l'acétone restait dans la liqueur.

Tous ces faits conduisent à la conclusion suivante :

Le soufre colloïdal susceptible de fournir des solutions aqueuses n'est pas du soufre pur, mais un composé contenant le soufre à l'état condensé ou fortement polymérisé ; ces combinaisons de soufre polymérisé sont aisément dissociables et ne subsistent en milieu aqueux qu'en présence des éléments qui peuvent limiter la décomposition.

Les acides polythioniques donnent des suspensions limpides par suite du gonflement très grand de ces corps dans l'eau ; comme cela a lieu pour la gélatine, les albuminoïdes, etc., ce gonflement est empêché ou favorisé, suivant les cas, par l'action des électrolytes. Quand le gonflement devient faible, les granules perdent leur transparence, la liqueur prend l'aspect laiteux et elle perd de sa stabilité.

Les acides polysulfhydriques et les polysulfures alcalino-terreux, préparés comme il est dit plus haut, ne sont que faiblement gonflables par l'eau et ne fournissent jamais que des suspensions instables et d'apparence laiteuse.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Extraction des glucosides de deux Orchidées indigènes; identification de ces glucosides avec la* Loroglossine. Note M. **P. Delauney**, présentée par M. Em. Bourquelot.

En 1914, MM. Bourquelot et Bridel, ayant appliqué la méthode biochimique de recherche des glucosides dédoublables par l'émulsine à 18 espèces

d'Orchidées indigènes, ont établi que toutes renferment un ou plusieurs de ces principes [1].

En 1919, les mêmes auteurs isolèrent de l'une de ces espèces, le *Loroglossum hircinum* Rich., un glucoside cristallisé, qu'ils nommèrent *Loroglossine* [2].

J'ai étudié quelques-unes des autres espèces qu'ils avaient examinées et j'ai pu, jusqu'à présent, isoler de deux d'entre elles : l'*Orchis Simia* [3] Lam. et l'*Ophrys aranifera* Huds., un glucoside, qui a été identifié avec la Loroglossine.

*Orchis Simia*. — Les recherches, concernant cette espèce, ont été effectuées à partir d'une teinture alcoolique, préparée en 1914 en traitant $1^{kg}$ de plante fraîche par l'alcool bouillant aussitôt après la récolte et conservée jusqu'à ces derniers temps.

Cette teinture a été distillée et le résidu de la distillation, filtré après un repos de 24 heures, a été évaporé sous pression réduite. L'extrait obtenu ($35^{g}$) a été repris par son poids d'eau distillée chaude et la solution additionnée de 10 fois son volume d'alcool à 90°, ce qui a déterminé la formation d'un précipité assez abondant. Après repos de 24 heures, la liqueur, filtrée, a été distillée et l'évaporation terminée sous pression réduite. L'extrait purifié, ainsi obtenu, a été épuisé par l'éther acétique bouillant à reflux. Le glucoside étant assez peu solide dans ce véhicule, il n'a pas fallu moins de 8 épuisements successifs, pour chacun desquels il a été employé $0^{l},500$ d'éther acétique. Les liqueurs éthéro-acétiques résultant de ce traitement ont été filtrées et distillées à sec. Le résidu a été repris par $125^{cm^3}$ d'eau distillée chaude. La solution, assez fortement colorée, a été filtrée et épuisée par de l'éther éthylique rectifié à 65°, qui a enlevé une matière colorante verdâtre ; elle a été ensuite évaporée à sec sous pression réduite, après quoi le résidu a été dissous dans $100^{cm^3}$ d'alcool à $95^{e}$ bouillant.

Le liquide alcoolique obtenu présentait encore une coloration brune assez accentuée. Après repos de 24 heures et filtration, il a été soumis à une série de précipitations fractionnées par l'éther éthylique. Il a d'abord laissé déposer des extraits adhérant au fond des récipients. Après plusieurs décantations, la liqueur éthéro-alcoolique clarifiée a été amorcée au moyen d'un peu de loroglossine provenant du *Loroglossum ;* il s'est produit une cristallisation assez importante. Les cristaux obtenus ont été repris à l'ébullition par $40^{cm^3}$ d'acétone anhydre. La solution acétonique, séparée des cristaux non dissous (le glucoside étant assez peu soluble dans l'acétone) et filtrée aussitôt, a été amorcée et n'a pas tardé à laisser déposer d'abondantes aiguilles blanches, très légères,

---

(1) Ém. Bourquelot et M. Bridel, *Application de la méthode biochimique à l'étude de plusieurs espèces d'Orchidées indigènes* (*Journ. Pharm. et Chim.*, 7e série, t. **10**, 1914, p. 14-66).

(2) Ém. Bourquelot et M. Bridel, *Application de la méthode biochimique à l'étude de plusieurs espèces d'Orchidées indigènes. Découverte d'un glucoside nouveau, la* Loroglossine (*Journ. Pharm. et Chim.*, 7e série, t. **20**, 1919, p. 81-118).

(3) Essai biochimique inédit.

qui ont été recueillies, essorées et séchées à l'air libre. Le produit ainsi obtenu présentait les caractères suivants :

*Point de fusion.* — Chauffé en tube capillaire, comparativement avec la loroglossine, ce glucoside s'est comporté comme cette dernière ; les deux produits ont commencé à se rétracter vers + 130° et ont fondu vers + 137°-140°.

*Pouvoir rotatoire.* — Le pouvoir rotatoire a été trouvé égal à $-41°,43$ pour le produit séché à l'air libre ($v = 15^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 0^g,0724$, $\alpha = -24'$).

MM. Bourquelot et Bridel avaient trouvé pour la loroglossine $-42°,97$, après dessiccation à + 110°.

Ce glucoside, comme la loroglossine, est coloré en rouge groseille par l'acide sulfurique concentré. Il ne réduit pas la liqueur de Fehling. Il est hydrolysé par l'acide sulfurique dilué et par l'émulsine.

*Hydrolyse par l'acide sulfurique.* — $5^{cm^3}$ de solution glucosidique à $0^g,4826$ pour $100^{cm^3}$, additionnés de $5^{cm^3}$ d'acide sulfurique à 5 pour 100, ont été maintenus au bain-marie bouillant en tube scellé pendant 5 heures. Il s'est séparé un produit rougeâtre, résinoïde, et la solution réduisait nettement la liqueur cupro-potassique.

*Hydrolyse par l'émulsine.* — L'hydrolyse par l'émulsine a été réalisée de même sur une solution à $0^g,4826$ pour $100^{cm^3}$. Il s'est séparé un précipité blanc amorphe. Après 9 jours, le liquide présentait une rotation de $+10'$ et réduisait la liqueur de Fehling.

Rappelons que MM. Bourquelot et Bridel ont signalé comme caractéristique de la loroglossine cette propriété de donner, en même temps qu'une certaine quantité de sucre réducteur, un produit rouge dans l'hydrolyse par l'acide sulfurique dilué et un précipité blanc dans l'hydrolyse par l'émulsine ([1]).

Le produit est donc bien de la loroglossine.

*Ophrys aranifera.* — L'opération a porté sur $2^{kg},100$ de cet ophrys, récoltés en mai 1920, qui ont été soumis à toute la série de manipulations indiquées ci-dessus. Le glucoside obtenu présentait également les caractères de la loroglossine : point de fusion, pouvoir rotatoire, réaction colorée avec l'acide sulfurique concentré, hydrolyse par l'acide sulfurique étendu et par l'émulsine.

Il est donc permis de conclure à l'existence de la loroglossine dans les deux espèces examinées.

---

([1]) BOURQUELOT et BRIDEL, *loc. cit.*

ZOOLOGIE. — *Sur un Cténophore planariforme nouveau*, Cœloplana gonoctena (*nov. sp.*). Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

Les Platycténides sont des êtres rares et fort mal connus. On peut dire que parmi les différents problèmes soulevés il y a 40 ans au moment de la découverte du premier d'entre eux, par l'originalité de leur organisation, les plus importants sont restés sans solution décisive.

J'ai découvert en juillet 1916 sur la côte d'Annam un riche gisement d'une espèce nouvelle appartenant au genre le plus intéressant de ce groupe, au genre *Cœloplana*. Je viens de terminer l'étude détaillée de mes récoltes et j'en résume ici les conclusions.

Ce Cœlentéré qui a l'apparence et le port d'une planaire vit sur les colonies encroûtantes d'une forme nouvelle d'Alcyonaire (*Alcyonium Krempfi* Hickson). Pendant la plus grande partie de l'année, les rapports de ces deux êtres paraissent paisibles, mais brusquement vers le milieu de l'été le commensalisme de *Cœloplana gonoctena* se transforme en un parasitisme redoutable pour le Coralliaire. Je suis porté à croire qu'une telle modification de régime de la part du Cténophore est en relation avec le développement de ses gonades femelles.

L'animal rampe avec une grande nonchalance sur sa face orale qui est ciliée et qui présente en son centre un orifice buccal bien délimité, de forme ovalaire à grand axe perpendiculaire au plan tentaculaire. Sur sa face aborale qui est dépourvue de toute ciliation on observe : 1° un organe aboral privé de champs latéraux différenciés mais muni de son otolithe et flanqué de deux pores latéraux; 2° huit rangées de papilles saillantes et érectiles contenant chacune un diverticule de la cavité gastro-vasculaire et représentant morphologiquement le rudiment de la portion aborale des canaux méridiens des Cténophores Cydippiens; 3° huit rangées de petits pores (10 à 15 pores pour chaque rangée environ) qui sont les orifices externes d'autant de follicules testiculaires distribués suivant les branches récurrentes des huit canaux méridiens; 4° aux deux extrémités distales du grand axe de l'animal, les orifices des gaines des tentacules caractéristiques des Cténophores.

*Cœloplana gonoctena* est complètement dépourvue de palettes. Par contre, suivant les lignes qu'il faudrait morphologiquement assigner à l'insertion en série de ces organes, s'ils existaient, nous trouvons disposées les huit rangées d'orifices sexuels mâles que j'ai déjà signalés : le nom spécifique de cette forme nouvelle rappellera ce rapport que je considère comme remarquable et qui n'a jamais été saisi sur aucun autre Platycténide.

Pour terminer l'étude de l'extérieur de cet animal, j'ajouterai que les huit rangées de testicules se fusionnent deux à deux à droite et à gauche des orifices des gaines tentaculaires, ainsi que le font d'ailleurs quelquefois les rangées de palettes chez les Cténophores pélagiques : il résulte de cette fusion quatre masses testiculaires beaucoup

plus volumineuses que les autres. Ces quatre testicules de grande taille sont pourvus chacun d'un canal qui débouche à l'extérieur au sommet d'une grosse papille rigide fortement pigmentée, attirant immédiatemeut l'attention lorsqu'on fait l'examen d'un mâle à maturité sexuelle.

*Tube digestif et cavité gastro-vasculaire.* — La bouche conduit dans une vaste cavité aplatie de forme lenticulaire, qui représente le pharynx des Cténophores ordinaires, modifié par l'extrême réduction de son axe oro-aboral et par une expansion compensatrice de sa surface dans un plan perpendiculaire à cet axe. C'est le véritable tube digestif de l'animal : il présente, en relief sur sa paroi, et orientés suivant le plan tentaculaire, de superbes arcs ciliés dont j'ai pu étudier la morphologie et le développement. Ces structures sont homologues des organes embryonnaires d'origine endodermique qui par leur concrescence constituent le pharynx des Anthozoaires. J'ai fait connaître dans une Note précédente (¹) l'évolution de ces derniers organes et leur rôle morphologique essentiel : je les ai désignés sous le nom d'*Entérotoxelles,* et j'ai montré que chacune d'elle était formée par l'assemblage de deux arceaux accouplés, l'un orâl, l'autre aboral : nous retrouvons ces Entérotoxelles chez *Cœloplana gonoctena.* Elles s'y présentent avec une grande netteté et un beau développement, ce sont les arcs ciliés du pharynx. Leur constitution, leur évolution et leurs rapports sont tels, que l'homologie que je viens de présenter s'impose.

Il en résulte une conséquence importante : j'ai montré que les Entérotoxelles, éléments constitutifs du complexe enteroïdo-pharyngien des Anthozoaires, étaient d'origine endodermique. On est conduit à penser qu'il doît en être de même pour les éléments homologues des Cténophores; cette remarque jette donc un doute grave sur l'interprétation de l'origine blastodermique du pharynx de ces animaux. Considéré jusqu'ici, sans preuve rigoureuse et directe d'ailleurs, comme formé aux dépens de l'ectoderme, le pharynx des Cténophores paraît donc être comparable, au point de vue de ses origines, avec celui des Anthozoaires; il doit résulter, lui aussi, d'une différenciation de l'endoderme archentérique se produisant chez la larve encore très jeune.

De la cavité pharyngienne, à fonctions exclusivement digestives, on passe dans la cavité gastro-vasculaire par un étroit orifice en forme de fente allongée dans un plan perpendiculaire au plan tentaculaire : c'est l'orifice de l'entonnoir. La cavité gastro-vasculaire, malgré l'apparence troublante de son réseau complexe de canaux, se laisse ramener au plan fondamental caractéristique de Cténophores pélagiques si l'on s'inspire, dans la recherche des homologies, du dispositif vasculaire réalisé chez les Lobés et chez les Béroés.

De nombreuses rosettes ciliées se trouvent dans les canaux du réseau : elles ne sont pas développées d'une manière égale chez tous les individus ; j'ai constaté à cet égard, dans la statistique de leur répartition, d'un échantillon à l'autre, des variations curieuses qui restent pour moi inexplicables.

En outre, certaines de ces rosettes présentent une disposition propre des plus intéressantes : elles ne débouchent pas dans la cavité gastro-vasculaire ; bien que constituées en elles-mêmes comme des rosettes ciliées normales, elles sont recouvertes par l'épithélium à hautes cellules qui tapisse les parois de la cavité archentérique. En pré-

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 198.

sence de ces petits organes pourvus d'une cavité close à l'intérieur de laquelle bat une belle flamme vibratile, il est difficile de s'interdire un rapprochement avec l'ampoule vibratile excrétrice caractéristique des Vers Plats, avec celle de l'appareil excréteur des Némertes en particulier.

L'appareil tentaculaire est bien développé chez *Cœloplana gonoctena*. Il est construit comme celui des Cténophores ordinaires. J'ai cependant à faire connaître et à présenter, à son sujet, des observations et des suggestions nouvelles.

ENTOMOLOGIE ÉCONOMIQUE. — *Sur la destruction des Termites par la chloropicrine.* Note [1] de M. **J. Feytaud**, présentée par M. P. Marchal.

Le Termite lucifuge (*Leucotermes lucifugus* Rossi) commet des ravages dans les édifices en s'attaquant aux planchers, aux boiseries, ainsi qu'aux diverses pièces de charpente. Il est difficile de l'y détruire à cause de la diffusion des colonies. Au reste, l'étude de la biologie de cet insecte, pour lequel la création de sexués néoténiques est un jeu, montre que la destruction n'a d'effets durables que si elle est à peu près complète.

Les vapeurs de chloropicrine ayant déjà donné d'excellents résultats contre différents insectes [2], j'en ai fait l'essai contre les Termites.

Au cours d'expériences préliminaires, au laboratoire, j'ai traité sous de grandes cloches de verre des fragments de souches de pin habités par ces ravageurs. Les résultats s'établissent comme suit :

1° Essais de janvier-février, à une température voisine de 15° : Avec $20^{mg}$ de chloropicrine par litre, tout est mort avant 2 heures d'exposition ; avec $14^{mg}$, beaucoup d'individus ont péri dans le même délai et les autres sont paralysés ; avec $9^{mg}$, 3 heures sont nécessaires pour que tous les Termites soient tués ou paralysés jusqu'au centre des fragments ; avec $4^{mg},5$, l'effet toxique, qui a commencé à se faire sentir dès les premières heures, n'est général qu'au bout d'une demi-journée ; après 24 heures, tous les insectes ne sont pas morts, mais ceux qui vivent sont gravement malades, sans rémission possible.

2° Essais de mai, à 20° environ : avec $16^{mg}$ de chloropicrine par litre, tout est mort après 3 heures; avec $9^{mg}$, le résultat est le même, sauf pour quelques sujets, qui sont toutefois atteints de paralysie mortelle; avec $6^{mg}$, après 3 heures, la moitié

---

(1) Séance du 17 août 1920.

(2) Travaux de M. Gabriel Bertrand, en collaboration avec Mme Rosenblatt, MM. Brocq-Rousseu et Dassonville (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 742 et 911 ; t. 169, 1919, p. 441, 486, 880, 1059, 1428 ; t. 170, 1920, p. 345).

des sujets sont morts et les autres paralysés; après 4 heures, les morts sont en majorité; après 6 heures, l'hécatombe est générale; avec $4^{mg}$, 2 heures de traitement provoquent la paralysie d'une partie des individus et l'intoxication se généralise par la suite, de telle sorte qu'après 4 heures, tous sont atteints mortellement; avec $2^{mg}$, presque tous sont condamnés dans le délai de 6 heures, même au fond des galeries; après 12 heures, tous sont irrémédiablement perdus.

Mes essais de laboratoire établissent donc la grande efficacité des vapeurs de chloropicrine. Par une température de 20°, $2^{mg}$ par litre seraient suffisants avec 12 heures d'exposition, et $5^{mg}$ avec 6 heures, pour obtenir une mortalité générale parmi les Termites, soit en liberté sous la cloche, soit à l'intérieur de fragments de bois de $10^{cm}$ d'épaisseur. A cette température, les vapeurs se répandent assez vite jusque dans la profondeur à partir d'un ou plusieurs orifices de galeries.

L'analyse de ces diverses expériences permet aussi de se rendre compte du mode d'action de la chloropicrine. Son effet sur les Termites se manifeste tout d'abord par une inquiétude, une agitation, une poussée vers le dehors, qui expliquent l'accumulation des morts et des mourants au-dessous des fragments de bois et la cohue qui règne dans les galeries, dont certains carrefours ou couloirs sont encombrés par l'entassement des corps.

L'intoxication ne tarde pas en effet à briser l'élan des fuyards; leur marche devient incoordonnée, ils chancellent, puis se renversent sur le dos, agitant leurs appendices et incapables de reprendre pied même si on les remet en attitude normale. Ils sont désormais dans un état de paralysie durable, agités par moment de convulsions, de frémissements des membres locomoteurs et des antennes. Cet état morbide aboutit directement à la mort si l'action des vapeurs se prolonge quelques heures; sinon, il dure plusieurs jours. Jamais je ne l'ai vu s'améliorer avec retour à la santé; je considère donc la paralysie qui se déclare comme toujours fatale.

Pour anéantir une colonie de Termites lucifuges, il ne serait donc pas indispensable d'obtenir au cours même du traitement la mort de tous les individus, pourvu que l'on obtienne leur paralysie. Toutefois, pour avoir un effet plus sûr et pour parer aux difficultés de pénétration, qui augmentent en raison de l'épaisseur du bois, je cherche dans la pratique à me rapprocher le plus possible des conditions de doses et de temps qui assurent sous cloche la mort immédiate. C'est ainsi que, dans mes essais sur les souches recouvertes d'une toile imperméable et sur des fragments de solives enfermés dans un petit local, j'ai pris comme base minima une exposition de 12 heures dans une atmosphère contenant $10^{mg}$ de chloropicrine par litre; le résultat fut excellent dans ces conditions.

La première application pratique de la méthode eut lieu, au début de juillet, dans une villa de Saint-Jean-de-Luz, comprenant un rez-de-chaussée et deux étages.

Le résultat des opérations (injections et pulvérisations de chloropicrine après enlèvement ou décollement de plinthes ou de planches des parquets) fut l'extinction de la grosse colonie qui minait la villa. Après 16 heures d'exposition aux vapeurs de chloropicrine (15$^g$ par mètre cube), les solives du rez-de-chaussée, qui contenaient la masse principale avec plus de 100 femelles néoténiques et d'énormes réserves d'œufs et de jeunes, en ont été débarrassées. Il fut possible de contrôler le fait, tant sur des solives en place que sur deux gros fragments témoins posés sur des plats à 1$^m$ de hauteur dans l'une et l'autre pièces. Comme sous les cloches du laboratoire, je constatai l'accumulation sur le support des Termites sortis en masse et l'entassement des autres dans les galeries du bois.

Le résultat fut le même partout où nous avions fait agir les vapeurs de chloropicrine.

Il n'est donc pas téméraire de fonder de grandes espérances sur l'emploi de ce produit pour la désinfection des maisons termitées. Sous réserve de l'usage du masque pendant la mise en train et de l'apposition de papier sur les joints des ouvertures, le procédé est commode et sans danger.

Il est bien entendu que, les vieilles colonies occupant dans les maisons des trajets souvent fort complexes, la cure rationnelle exige une étude préalable et comporte un ensemble de mesures adaptées à chaque cas particulier.

BACTÉRIOLOGIE. — Sur *Coccobacillus insectorum* Hollande et Vernier [1].
Note de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Dans une Note récente [2], sur *Coccobacillus insectorum*, Hollande et Vernier ont émis, sur la systématique des microbes entomophytes, une opinion qu'il ne nous est pas possible de partager. « La plupart des caractères culturaux que nous venons de signaler pour le coccobacille de *Malacosoma castrensis*, disent-ils, se retrouvent chez les coccobacilles qui ont été décrits chez les Insectes », et ils groupent ces coccobacilles sous un même nom pour en faire une espèce unique; dans la diagnose de *C. insectorum*, l'unique espèce qui, d'après eux, engloberait tous les coccobacilles décrits, on remarque les caractères suivants : production

(1) Séance du 17 août 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 206.

plus ou moins accentuée de pigment fluorescent, liquéfaction de la gélatine, protéolyse du sérum de cheval gélifié. Or, parmi les coccobacilles que nous avons isolés au cours de ces dernières années, seul le *B. pieris fluorescens* possède les caractères culturaux de *C. insectorum;* c'est le seul, en effet, qui produise en culture à l'air un pigment vert fluorescent. Parmi les autres, un certain nombre liquéfient la gélatine et protéolysent le sérum de cheval coagulé, mais un non moins grand nombre aussi jouissent de propriétés contraires. Ces derniers, comme d'ailleurs tous ceux qui ne produisent pas de pigment fluorescent, ne peuvent être considérés comme des variétés de l'espèce créée par Hollande et Vernier. La question de la systématique des coccobacilles entomophytes est donc loin d'avoir été résolue par ces deux auteurs et, logiquement, elle ne pouvait l'être maintenant, en raison de l'insuffisance de nos connaissances sur les microbes parasites des Insectes. Nous croyons, d'ailleurs, que le seul examen des caractères culturaux ne suffit pas pour établir une bonne classification de ces microbes, et qu'il est indispensable de tenir compte des caractères dus à leur vie parasitaire.

Nous relèverons, dans la dernière partie de la Note de Hollande et Vernier, une interprétation inexacte que le texte de la Note de ces auteurs tendrait à nous faire partager : « On pourrait même, disent-ils, être tenté d'admettre, comme le suggère Paillot, que les principaux représentants de *Coccobacillus insectorum* ne sont que des mutants d'un bacille commun dans les eaux, le *B. fluorescens liquefaciens* Flügge. » Or nous n'avons jamais fait une telle suggestion, au moins sous cette forme ; nous avons dit, en décrivant *B. pieris fluorescens :* « Ces propriétés de culture rapprochent le coccobacille des chenilles de Piéride, d'une espèce saprophyte très répandue dans la nature et qu'on retrouve souvent dans l'eau, l'air et les couches supérieures du sol : *B. fluorescens liquefaciens* Flügge. » Mais le rapprochement que nous avons fait n'intéressait qu'une seule des espèces microbiennes de *Pieris brassicæ;* les quatre autres coccobacilles décrits n'ont rien de commun, en effet, avec *B. fluorescens liquefaciens,* non plus que ceux du Hanneton, de *Lymantria dispar*, etc.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUIN 1920.

*Théorie des hélices propulsives marines et aériennes et des avions en vol rectiligne*, par A. RATEAU. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 24$^{cm}$,5. (Présenté par M. Rateau.)

*Notes ptéridologiques*, par le prince BONAPARTE. Fascicule IX. Paris, chez l'auteur, 1920; 1 fasc. 22$^{cm}$,5. (Présenté par M$^{gr}$ le prince Bonaparte.)

*Notice sur M. Jean Résal*, par MM. COLSON, SÉJOURNÉ et PIGEAUD. Extrait des *Annales des Ponts et Chaussées*, 1920. Paris, A. Dumas, 1920; 1 fasc. 24$^{cm}$,5.

*Bulletin des services de la Carte géologique de la France et des topographies souterraines : Études sur le Plateau Central*, par L. DE LAUNAY. Paris et Liége, Ch. Béranger, 1919; 1 fasc. 24$^{cm}$. (Présenté par M. de Launay.)

*L'aluminium et ses alliages*, par C. GRARD. Nancy-Paris-Strasbourg, Berger-Levrault, 1920; 1 vol. 24$^{cm}$,5. (Présenté par M. Charpy.)

*La molécule chimique*, par R. LESPIAU. Paris, Félix Alcan, 1920; 1 vol. 19$^{cm}$. (Présenté par M. A. Haller.)

*Pieux et sonnettes*, par EDOUARD NOË et LOUIS TROCH. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 24$^{cm}$,5.

*La mort et son mystère*, par CAMILLE FLAMMARION. Paris, Ernest Flammarion, 1920; 1 vol. 19$^{cm}$.

*Nitrates, phosphates, potasse*, par R. DE BONAND. Paris, Ch. Béranger, 1920; 1 vol. 24$^{cm}$, 5.

*Tables of the motion of the Moon*, par ERNEST W. BROWN et HENRY B. HEDRICK. New Haven, Yale University Press, 1919; 3 vol. 44$^{cm}$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 30 AOUT 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. **Lacroix** offre à l'Académie une brochure : *Les industries minérales non métallifères à Madagascar*, dans laquelle sont étudiés les gisements de graphite, de mica, de corindon, de minéraux de radium, uranium, cérium, zirconium et titane exploités dans la Grande Ile.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une liaison arithmétique entre les formes quadratiques ternaires réelles et les formes d'Hermite indéfinies.* Note [1] de M. **G. Humbert.**

1. *Objet de la Note.* — La formule principale (8) de ma Note précédente [2], exprimant l'*aire* $\mathcal{A}$ du domaine fondamental lié aux automorphies de la forme $xx_0 - Dyy_0$, dans le corps (ou l'anneau) $i\sqrt{P}$, a été établie par des considérations empruntées exclusivement à la théorie des formes d'Hermite. Je voudrais, cette fois, la rattacher à une autre, que j'ai publiée antérieurement [3], et qui appartient à la théorie des formes quadratiques ternaires indéfinies.

Rappelons d'abord quelques résultats connus [4].

2. *Groupe automorphe lié aux substitutions semblables de* $Dx^2 - y^2 - Pz^2$.

---

(1) Séance du 23 août 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 377.

(3) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 181.

(4) Fricke et Klein, *Fonctions automorphes*, t. 1, p. 533; voir aussi Fricke, *Math. Annalen*, t. 38, p. 50.

— Soit $\varphi$ la forme ternaire $Dx^2 - y^2 - Pz^2$, où l'on supposera P et D positifs, *impairs*, *premiers entre eux* et sans diviseurs carrés autres que 1. Au point $x, y, z$, non extérieur à la conique (C), d'équation

$$Dx^2 - y^2 - Pz^2 = 0,$$

faisons correspondre, dans le demi-plan analytique le point $\zeta = \xi + i\eta$, défini par

$$(1) \qquad \xi = \frac{y}{x\sqrt{D} - z\sqrt{P}}, \qquad \eta^2 = \frac{Dx^2 - y^2 - Pz^2}{(x\sqrt{D} - z\sqrt{P})^2} \qquad (\eta \geqq 0).$$

Des travaux de Poincaré et de ceux de M. Fricke, résulte ceci : il existe un groupe automorphe, $\Gamma$, à coefficients réels, qui, si on lui adjoint la symétrie par rapport à l'axe $O\eta$ (c'est-à-dire l'opération $\zeta' = -\zeta_0$), donne un *groupe étendu* $\overline{\Gamma}$, tel que, quand $x, y, z$ subit une substitution linéaire, de déterminant $+1$, n'altérant pas la forme $\varphi$, le point correspondant $\zeta$ éprouve une opération de $\overline{\Gamma}$, *et réciproquement*.

Un domaine fondamental, $\mathbb{O}$, de $\Gamma$ peut être choisi symétrique par rapport à $O\eta$; pour $\overline{\Gamma}$, le domaine sera la moitié, $\overline{\mathbb{O}}$, de $\mathbb{O}$, située à droite de $O\eta$, et, quand le point $\xi, \eta$ reste dans $\overline{\mathbb{O}}$, le point $x, y, z$ correspondant reste dans ce que j'ai appelé le domaine $\nabla$ de Poincaré.

3. *Relation entre les aires (non euclidiennes) de* $\nabla$ *et de* $\mathbb{O}$. — Dans la Note de 1918 mentionnée plus haut, j'ai nommé *aire non euclidienne* du domaine $\nabla$, *par rapport à la conique* $\varphi = 0$, et désigné aussi par $\nabla$, la quantité

$$(2) \qquad \nabla = \int\int_{\nabla} dy\,dz \sqrt{\frac{PD}{\varphi^3(1, y, z)}},$$

l'intégrale double s'étendant au *domaine* $\nabla$, et $\varphi(1, y, z)$ étant $D - y^2 - Pz^2$.

Si, dans l'intégrale, on passe des variables $y, z$ aux $\xi, \eta$, en posant, conformément à (1),

$$\xi = \frac{y}{\sqrt{D} - z\sqrt{P}}, \qquad \xi^2 + \eta^2 = \frac{\sqrt{D} + z\sqrt{P}}{\sqrt{D} - z\sqrt{P}},$$

on trouve, en observant que $\xi, \eta$ décrit $\overline{\mathbb{O}}$, quand $(1, y, z)$ décrit $\nabla$,

$$(3) \qquad \nabla = \int\int_{\overline{\mathbb{O}}} \frac{d\xi\,d\eta}{\eta^2}.$$

Or $d\xi\,d\eta : \eta^2$ est l'élément *d'aire* dans le demi-plan; (3) exprime donc que

les aires (non euclidiennes) de $\nabla$ et de $\overline{\Phi}$ sont les mêmes, et l'on a dès lors

$$\Phi = 2\nabla : \tag{4}$$

$\Phi$ est ici l'*aire* du domaine fondamental du groupe automorphe $\Gamma$, et a aussi l'expression $(n-2)\pi - \Sigma\omega$, où $n$ désigne le nombre des côtés du domaine $\Phi$ et $\Sigma\omega$ la somme de ses angles euclidiens.

Mais, en appliquant aux formes ternaires indéfinies les raisonnements faits par Stephen Smith pour les formes définies, j'ai obtenu [1] une formule qui, dans le cas de la forme $\varphi$, et à cause des hypothèses initiales [2] sur P et D, donne

$$\nabla = 2\pi \frac{2+E}{24} \frac{PD}{2^{k+l}} \prod_{\delta} \left[1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right] \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{D}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right]. \tag{5}$$

Au second membre, $\delta$ et $\varpi$ désignent respectivement les facteurs premiers impairs ($>1$) de D et de P; $k$ et $l$ sont les nombres respectifs de ces facteurs; E, enfin, est l'*unité :*

$$E = \left(\frac{-P}{D}\right)\left(\frac{D}{P}\right) = (-1)^{\frac{D-1}{2}}(-1)^{\frac{D-1}{2}\frac{P-1}{2}}. \tag{6}$$

Dès lors, en remplaçant $\nabla$, dans (4), par sa valeur (5), on aura celle de $\Phi$. Mais nous allons voir que, de cette expression de $\Phi$, on peut déduire la formule (8) de notre dernière Note, ce qui mettra en évidence la liaison intime entre les deux théories.

4. *Sous-groupe principal du groupe* $\Gamma$. — Plaçons-nous d'abord, pour préciser, dans un cas particulier, en supposant $P \equiv D \equiv 1 \pmod 4$.

M. Fricke [3] a donné, *dans le cas général,* l'expression des substitutions de $\Gamma$; parmi elles, figurent celles d'un *sous-groupe*, $(\gamma)$, dit *principal*, et qui sont les

$$z' = \frac{\frac{1}{2}(\alpha + \beta\sqrt{PD})z + \frac{1}{2}(\gamma\sqrt{P} + \delta\sqrt{D})}{\frac{1}{2}(\delta\sqrt{D} - \gamma\sqrt{P})z + \frac{1}{2}(\alpha - \beta\sqrt{PD})}, \tag{7}$$

$\alpha, \ldots, \delta$ étant des entiers ordinaires, *de même parité*, tels que le déterminant de (7) soit $+1$.

---

(1) Note de 1918.

(2) En vertu de ces hypothèses, les formes ternaires, de mêmes invariants et du même genre que $\varphi$, appartiennent à une seule classe (théorème d'Arn. Meyer).

(3) *Fonctions automorphes*, t. 1, p. 533-537.

Si $P \equiv D \equiv 1 \pmod 4$, $\alpha, \ldots, \delta$ sont nécessairement tous *pairs*; dès lors, avec des notations différentes, on peut dire que $(\gamma)$ est formé par les substitutions de coefficients

$$\left| \begin{matrix} p - s\sqrt{PD} & -q\sqrt{P} - r\sqrt{D} \\ q\sqrt{P} - r\sqrt{D} & p + s\sqrt{PD} \end{matrix} \right|, \tag{8}$$

$p, q, r, s$ étant des entiers ordinaires, liés uniquement par

$$p^2 + Pq^2 - D(r^2 + Ps^2) = 1. \tag{9}$$

Quel est maintenant l'*indice* du sous-groupe principal $(\gamma)$ dans le groupe $\Gamma$? D'après MM. Fricke et Klein (*loc. cit.*, p. 538), ce serait $2^{k+l+1}$ ($k$ et $l$ ayant la signification indiquée plus haut), si l'on pouvait démontrer la solubilité en nombres entiers $x, y, z, t$, de chacune des deux équations définies comme suit: on décompose P et D en deux facteurs (entiers $> 0$) d'une manière quelconque $P = p_1 p_2$; $D = d_1 d_2$; les deux équations en question sont respectivement

$$p_1 d_1 x^2 - p_2 d_2 y^2 + p_2 d_1 z^2 - p_1 d_2 t^2 = 4, \tag{10}$$
$$p_1 d_1 x^2 - p_2 d_2 y^2 + p_2 d_1 z^2 - p_1 d_2 t^2 = 2, \tag{11}$$

avec la condition que $x, y, z, t$, *dans la première*, doivent être de même parité. Et la solubilité de (10), de même que celle de (11), doit avoir lieu *pour tous les systèmes de valeurs possibles des $p_i$ et $d_i$.*

Il n'y a aucune difficulté pour la solubilité de (10) par des $x, y, z, t$, *tous pairs :* nous avons en effet démontré, dans une Note précédente ([1]), que, si $\varphi(x, z)$ désigne une forme quadratique positive, proprement primitive, de discriminant P, la forme quaternaire $d_1\varphi(x, z) - d_2\varphi(t, y)$ peut représenter 1, et, en prenant pour $\varphi$ la forme $p_1 x^2 + p_2 z^2$, on a précisément la proposition à établir.

Passant maintenant à (11), on remplacera $x$ et $z$ par $\alpha x$ et $\gamma x$ ($\alpha$ et $\gamma$ entiers indéterminés), et il suffira d'établir la solubilité en $x, y, t$, de

$$d_1(p_1\alpha^2 + p_2\gamma^2)x^2 - p_2 d_2 y^2 - p_1 d_2 t^2 = 2. \tag{12}$$

Le premier membre de (12) est une forme ternaire indéfinie, $-\mathfrak{F}$, réciproque d'une forme analogue, $f$, dont les *invariants* $\Omega$ et $\Delta$ sont

$$\Delta = d_2, \qquad \Omega = -p_1 p_2 d_1(p_1\alpha^2 + p_2\gamma^2). \tag{13}$$

Si $\Delta$ et $\Omega$ sont impairs et premiers entre eux, toutes les formes du même

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 287.

*genre* que $\mathcal{F}$ équivalent à $\mathcal{F}$; il résulte alors d'une proposition que j'ai donnée antérieurement (¹) que $\mathcal{F}$ représentera $-2$ si, pour tout diviseur premier, $\omega_i$, de $\Delta$, c'est-à-dire de $d_2$, on a

$$\left(\frac{2}{\omega_i}\right) = \left(\frac{-\mathcal{F}}{\omega_i}\right) = \left(\frac{d_1[p_1\alpha^2 + p_2\gamma^2]}{\omega_i}\right).$$

Tout revient donc, en vertu des hypothèses faites sur P et $\Delta$, à montrer qu'on peut choisir $\alpha$ et $\gamma$ de manière que $p_1\alpha^2 + p_2\gamma^2$ soit impair, premier à $d_2$, et que $\left(\frac{p_1\alpha^2 + p_2\gamma^2}{\omega_i}\right)$ soit, pour chaque $\omega_i$, une unité donnée, $\varepsilon_i$.

Supposons, pour fixer les idées, $d_2 = \omega_1\omega_2\omega_3$; on prendra

$$\alpha = \alpha_1\omega_2\omega_3 + \alpha_2\omega_3\omega_1 + \alpha_3\omega_1\omega_2; \qquad \gamma = \gamma_1\omega_2\omega_3 + \gamma_2\omega_3\omega_1 + \gamma_3\omega_1\omega_2,$$

et l'on devra d'abord choisir les entiers $\alpha_i$, $\gamma_i$, de manière à vérifier

$$\left(\frac{p_1\alpha_i^2 + p_2\gamma_i^2}{\omega_i}\right) = \varepsilon_i.$$

Cela est manifestement possible, la forme $p_1x^2 + p_2z^2$ pouvant représenter des entiers de tout caractère quadratique par rapport à un entier premier, $\omega$, non diviseur de $p_1p_2$.

Les $\alpha_i$, $\gamma_i$ étant ainsi choisis, $p_1\alpha^2 + p_2\gamma^2$ sera premier à $\omega_1\omega_2\omega_3$, et on le rendra impair, si c'est nécessaire, en changeant $\alpha$ en $\alpha + d_2$.

La conclusion est que (11) et (10) sont solubles, et que dès lors $(\gamma)$ est sous-groupe de $\Gamma$, d'indice $2^{k+l+1}$.

5. *Liaison avec les formes d'Hermite.* — Nous avons appelé $g$ le groupe formé par les substitutions

$$\zeta' = \frac{\lambda\zeta + D\nu_0}{\nu\zeta + \lambda_0}, \tag{14}$$

où $\lambda$, $\nu$ sont des entiers du corps (ou de l'anneau) $i\sqrt{P}$, liés par

$$\lambda\lambda_0 - D\nu\nu_0 = 1.$$

Soit

$$\lambda = p + qi\sqrt{P}; \qquad \nu = r + si\sqrt{P};$$

posons

$$\zeta = i\sqrt{D} - 2\frac{\sqrt{D}}{z - i},$$

aux substitutions (14) sur $\zeta$, répondent, sur $z$, les substitutions (8) du sous-groupe principal $(\gamma)$ : les groupes $g$ et $(\gamma)$ sont donc *transformés linéaires l'un de l'autre*, et, dès lors, les aires non euclidiennes de leurs domaines

(¹) *Comptes rendus*, t. **167**, 1918, p. 50.

fondamentaux sont les mêmes, chacune de ces aires étant définie, si l'on veut, par l'expression $(n-2)\pi - \Sigma\omega$.

Or l'*aire* du domaine de $(\gamma)$, sous-groupe d'indice $2^{k+l+1}$ de $\Gamma$, est $2^{k+l+1}$ fois l'*aire* $\mathfrak{Q}$ du domaine de $\Gamma$; celle du domaine $\mathfrak{P}$ de $g$ a été désignée par $\mathcal{A}$ (Note précédente); on a donc, par (4) et (5), et en observant que E est égal à $+1$, en vertu de $P \equiv D \equiv 1 \pmod 4$,

$$\mathcal{A} = 2^{k+l+1}\mathfrak{Q} = \pi PD \prod_{\delta}\left[1+\left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right]\prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{D}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right], \tag{15}$$

ce qui est précisément la formule (8) de la Note précédente, démontrée ainsi par la théorie des formes ternaires.

6. *Autres cas.* — Nous avons supposé $P \equiv D \equiv 1 \pmod 4$; pour $P \equiv 3 \pmod 4$ et D impair, les mêmes raisonnements s'appliquent sans modification, P et D étant toujours supposés premiers entre eux et sans diviseurs carrés.

Reste donc, pour P et D impairs, le cas de $P \equiv 1$, $D \equiv 3 \pmod 4$; la théorie précédente subsiste avec les changements suivants.

Le groupe principal $(\gamma)$, de $\Gamma$, toujours défini par (7), contient des substitutions où $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$ *sont tous pairs*, d'autres où *tous sont impairs* : les premières forment un groupe $(\gamma_0)$ qui est le transformé linéaire de $g$, et qui est sous-groupe d'indice *trois* de $(\gamma)$. Quant à $(\gamma)$, il est toujours sous-groupe de $\Gamma$, d'indice $2^{k+l+1}$. On en conclut $\mathcal{A} = 3.2^{k+l+1}\mathfrak{Q}$, où $\mathfrak{Q}$ est toujours $2\nabla$, et comme cette fois, par (6), E est $-1$, on a, en vertu de (5),

$$\mathcal{A} = 3.4.\frac{2\pi}{24}PD\prod_{\delta}\prod_{\varpi} = \pi PD\prod_{\delta}\prod_{\varpi},$$

ce qui redonne la formule (15).

Il est à observer que l'expression de $\mathcal{A}$, obtenue dans la Note précédente, suppose simplement P et D sans diviseur commun *impair* $(>1)$, D non multiple de 4 et P sans facteur carré autre que 1; elle s'applique donc à des cas que n'atteint pas la théorie des formes ternaires, telle du moins que nous l'avons employée [1].

---

[1] Errata aux *Comptes rendus*, t. **170** et **171** :

Tome **170**, page 484, ligne 23, *au lieu de* $i\sqrt{P\gamma_2}$, *lire* $i\sqrt{P}\gamma_2$; page 544, ligne 4 en remontant, *au lieu de* à un idéal I, *lire* aux idéaux $I_c$; page 546, ligne 10 et 11, *au lieu de* du corps, *lire* de l'anneau; page 546, ligne 5 en remontant, *au lieu de* idéaux, *lire* idéaux de l'anneau.

Tome **171**, page 289, ligne 8, *au lieu de* $\mu\zeta$, *lire* $\nu\zeta$; page 293, ligne 16, *au lieu de* $(x+iy)(z+it)$, *lire* $(x+iy):(z+it)$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la reconnaissance dans les étoiles des couches successives de leur atmosphère, et des variations périodiques de ces couches.* Note de M. **H. Deslandres**.

I. Les étoiles sont pour nous de simples points lumineux, qui, vus dans une lunette même très grande, ne montrent aucun détail. Il semble *a priori* impossible de reconnaître et d'étudier les couches successives de leur atmosphère.

L'analyse spectrale, déjà si féconde dans ses applications astronomiques, permet d'aborder et de résoudre ce nouveau problème. Il se trouve que certaines raies du spectre stellaire, bien nettes et distinctes avec une dispersion suffisante, correspondent à des couches différentes de l'atmosphère; on peut ainsi, sur l'épreuve photographique du spectre, comparer les couches entre elles et à la lumière de la surface ou photosphère. J'ai signalé le fait en juillet 1892 dans la lumière générale du Soleil, et aussi son application aux étoiles, et j'ai développé ensuite la question dans plusieurs Notes successives en 1893, 1894, 1910 et 1912 (1).

La lumière générale du Soleil est celle que nous enverrait le Soleil, s'il était aussi éloigné de nous que les étoiles; on obtient son spectre en dirigeant un spectroscope quelconque sur le Soleil sans l'intermédiaire d'une lentille, de manière que tous les points de l'astre concourent à la formation. Le dispositif à employer est très simple et est à la portée de tout le monde. Lorsque la dispersion est assez forte (pouvoir de résolution environ 40000), on aperçoit au milieu des larges raies noires H et K, attribuées au calcium et les plus larges du spectre total, une raie brillante renversée, faiblement brillante mais nette.

Pour la simplicité, dans ce qui va suivre, il sera question seulement de la raie K, l'autre raie H ayant exactement les mêmes particularités. En fait, la raie K du calcium offre trois raies superposées, de largeur décroissante, à savoir : la large raie noire ou relativement noire appelée $K_1$, la raie brillante double appelée $K_2$, et la petite raie noire centrale appelée $K_3$, qui sont émises respectivement par la conche basse, la couche moyenne et la couche supérieure de l'atmosphère solaire ou chromosphère.

(1) *Comptes rendus*, t. **115**, 1892, p. 22; t. **116**, 1893, p. 238; t. **119**, 1894, p. 457; t. **151**, 1910, p. 416; t. **154**, 1912, p. 1321, et *Annales de Meudon*, t. **4**, 1910, p. 104 à 108.

On peut, avec un microphotomètre, mesurer les intensités des trois raies précédentes (¹), et en même temps l'intensité d'une petite portion, toujours la même, du spectre continu voisin; et comme le spectre continu est émis par la surface, on a ainsi les variations, au moins relatives, de quatre couches superposées, variations qui sont en accord avec la période solaire de 11 ans $\frac{1}{3}$. Même les écarts par rapport à la valeur moyenne doivent être plus grands avec les couches de l'atmosphère qu'avec la surface, et il est plus facile avec elles de distinguer la période. On conçoit que la même méthode, appliquée aux étoiles du type solaire ou d'un type voisin, puisse déceler la période encore inconnue qui leur est propre, et d'une manière générale, déterminer les rapports d'intensité entre les couches, rapports assurément variables d'une étoile à l'autre.

Le Soleil est la seule étoile dont nous pouvons étudier séparément toutes les parties; et sa reconnaissance complète est la base de toutes les recherches, de toutes les déductions relatives aux atmosphères des autres étoiles. Sa division en quatre couches, exposée ci-dessus, est le résultat d'une longue étude poursuivie sur tous les points de l'astre, et en particulier sur les points voisins du bord de chaque côté. On a objecté que la surface ne peut être séparée de l'atmosphère, si, comme il est possible, le Soleil entier est constitué par des gaz. Mais la surface est en réalité un fait d'expérience; elle est la surface de discontinuité qui apparaît au bord, limitée d'une façon bien nette et tranchée. La discontinuité est due à une cause physique, ou, comme le supposent Schmidt et Julius, à une cause optique; en tout cas, elle est aussi nette que possible; à l'intérieur du bord on a un spectre continu très intense, et à l'extérieur un spectre continu beaucoup plus faible. J'appelle *atmosphère* tout ce qui est extérieur au bord et en dehors de la surface de discontinuité.

La division de l'atmosphère ou chromosphère en trois couches distinctes a été reconnue de la façon suivante : en février 1892, j'annonce que la raie $K_2$ du calcium est très brillante et même double et renversée sur les facules de la surface; au même moment, Hale présentait le même résultat sans signaler le renversement et obtient la première image des vapeurs $K_2$ avec le spectrohéliographe. En juillet 1892, je retrouve dans la lumière générale du Soleil la même raie $K_2$, double encore, mais faiblement bril-

(¹) Les raies dites *noires* sont en effet noires par contraste et ont un certain éclat. Le microphotomètre est à employer aussi avec les étoiles qui n'ont pas de raies brillantes; on mesure les rapports d'éclat et les variations de ces rapports entre les raies noires seules.

lante; et, quelques mois après, je reconnais la présence constante de cette raie $K_2$, toujours double et faiblement brillante, sur tous les points de l'astre. La formation de la raie $K_2$ de la lumière générale est alors bien éclaircie; elle est la résultante, la moyenne de toutes les raies similaires émises sur le disque entier. Mais on peut affirmer que les vapeurs correspondantes sont bien dans l'atmosphère au-dessus de la surface; car les deux composantes brillantes de $K_2$ traversent le bord sans offrir aucune solution de continuité; les composantes extérieures au bord prolongent sans modification les composantes intérieures, et elles s'élèvent au delà du bord à la hauteur moyenne de 5″ d'arc. Cette propriété, signalée par moi en 1894, est un critérium qui permet de décider sur la position des vapeurs dans le Soleil [1]; elle est présentée aussi par la raie $K_3$ qui s'élève dans l'atmosphère jusqu'à 10″ d'arc. Quant à la raie $K_1$, elle n'a pas de saillie visible au delà du bord, au moins avec les images du Soleil relativement petites employées d'ordinaire, mais elle apparaît brillante et forte dans le spectre éclair des éclipses, qui se rapporte à la couche basse de l'atmosphère, haute de 1″ d'arc, appelée aussi *couche renversante*. Finalement, les trois raies $K_1$, $K_2$, $K_3$ de la lumière générale représentent bien trois couches distinctes superposées, au-dessus de la surface [2].

Les résultats précédents ont été obtenus avec des spectrographes en bois d'un modèle simple, sans l'emploi de spectrohéliographes et de spectroenregistreurs de vitesses automatiques. Cette remarque s'adresse surtout aux jeunes astronomes qui se plaignent souvent de ne pas avoir de grands instruments et les moyens d'investigation les plus parfaits. Il y a encore beaucoup à faire avec les petits instruments de nos observatoires; et je citerai à l'appui les belles recherches de Nordmann sur la température des étoiles.

---

(1) D'autres preuves ont été aussi présentées à l'appui. A la même époque, Hale plaçait les vapeurs $K_2$ au-dessous de la surface.

(2) Actuellement, les trois couches $K_1$, $K_2$, $K_3$ sont photographiées chaque jour à Meudon avec le spectrohéliographe; on peut juxtaposer aux trois images les trois raies de la lumière générale, qui en représentent l'intensité moyenne. Mais, sur un point, le spectrohéliographe est en défaut; il a une seconde fente de largeur constante, alors que la raie $K_2$ ou $K_3$ à isoler a une largeur variable; ce que l'on constate sur les épreuves du spectroenregistreur des vitesses, faites aussi chaque jour à Meudon. En particulier, les deux composantes $K_2$ sont au bord plus fortes et plus écartées qu'au centre. L'image de la vapeur correspondante doit donc être plus brillante au bord qu'au centre; or l'image $K_2$ du spectrohéliographe a, en général, un éclat uniforme du fond sur tout le disque. Il en est de même avec l'image $K_3$. L'intensité plus grande au bord est à prévoir avec un gaz lumineux compris entre deux sphères concentriques.

II. Le Soleil est donc une étoile à raies brillantes; et c'est en ces termes que la découverte de la raie d'émission $K_2$ dans la lumière générale a été présentée en 1892 par les écrivains anglais. On connaissait alors très peu d'étoiles à raies brillantes; depuis, leur nombre a augmenté, et Pickering, dans un Tome récent des *Annales d'Harvard*, l'évaluait à 750; mais le Soleil et les étoiles semblables (type G), telles que Capella, ne sont pas compris dans sa liste. C'est que les appareils spectraux d'Harvard, employés pour la reconnaissance générale, ont une dispersion relativement faible; ils sont insuffisants pour la lumière générale du Soleil. Il reste donc beaucoup à faire dans cette direction.

Avec le Soleil, une dipersion assez grande est nécessaire, parce que la raie brillante $K_2$ est faible et doit se détacher sur un fond continu. Mais des étoiles voisines peuvent avoir un rayonnement plus intense de leur chromosphère moyenne, et j'ai pensé à l'étoile Arcturus, dont les raies noires H et K sont plus larges que dans le Soleil, et qui a un spectre semblable à celui des taches. La raie $K_2$ a été recherchée dans Arcturus avant la guerre avec la grande lunette de Meudon, mais l'étoile est beaucoup moins brillante dans le violet que dans le rouge, et l'astronome n'a pas poussé l'étude assez loin; le résultat a été nul.

Plus tard, en 1917, Schuarzschild et Eberhard ont pu photographier la raie $K_2$ d'Arcturus avec une chambre prismatique de dispersion plutôt faible; la raie est plus forte que dans le Soleil. En 1920, l'astronome assistant Burson l'a retrouvée facilement avec la grande lunette de Meudon dont il a la charge, et même il a découvert d'autres étoiles ayant la même propriété. Les résultats seront présentés très prochainement par l'auteur qui porte actuellement son effort sur la nouvelle étoile du Cygne.

La couche moyenne de la chromosphère s'annonce comme plus brillante dans Arcturus que dans le Soleil, au moins pour un œil sensible au violet seul. L'étude de ces raies chromosphériques sera poursuivie à Meudon à la fois avec le spectrographe à fente et le prisme objectif; car il importe de reconnaître les périodes de plusieurs étoiles pour les comparer à la période solaire.

Il importe aussi de compléter l'œuvre de Pickering; les 750 étoiles à raies brillantes, signalées par lui, appartiennent surtout aux premiers types P, O, B, A et aux derniers types M et N de la classification d'Harvard; les types intermédiaires F, G qui comprend le Soleil, K qui comprend Arcturus, sont à peine représentés et les raies brillantes signalées sont surtout les raies de l'hydrogène. Il y a une lacune à combler. Il faut suivre pas à pas l'évolution des couches moyennes et supérieures de la chro-

mosphère dans les étoiles successives, et l'accroissement progressif du calcium qui arrive à dominer l'hydrogène.

III. L'illumination de la chromosphère solaire a été notée, en 1893, comme ayant sûrement une origine électrique, et le phénomène a été rapproché de l'électricité atmosphérique terrestre. Sur la Terre, la surface a une charge négative, et les couches d'air, à une certaine hauteur, sont positives. On admet généralement que le Soleil offre une succession analogue de couches ionisées; en particulier la couche moyenne $K_2$ de la chromosphère solaire serait positive.

Or l'origine de l'électricité atmosphérique terrestre est éclairée d'un jour nouveau par les recherches de Kohlhörster sur l'ionisation des gaz en vase clos à des hauteurs différentes dans l'atmosphère, jusqu'à $9000^{m}$. On est conduit à admettre une radiation, émise par la Terre, analogue à la radiation $\gamma$ du radium, mais beaucoup plus pénétrante, et une radiation de même nature, émanée du Soleil, qui agit sur les couches supérieures de notre atmosphère. La chromosphère solaire doit aussi subir les effets de rayonnements semblables, et son noyau doit contenir des corps radioactifs; ce qui est en accord avec la présence de l'hélium en quantité notable.

IV. J'ai rapproché aussi, en 1892, le Soleil de l'étoile nouvelle apparue la même année dans la constellation du Cocher; le Soleil offre, avec les raies $K_1$, $K_2$ et $K_3$, mais en très petit, le phénomène de la nouvelle étoile. J'ai repris la question en 1912, en montrant les points faibles de l'explication ordinaire du phénomène; il est attribué au rapprochement de deux corps célestes. Mais les faits s'expliquent mieux avec un astre unique, qui est le siège d'énormes éruptions volcaniques; et ces éruptions peuvent être rapportées à des corps radioactifs, qui sont contenus dans le noyau, et accroissent peu à peu la température [1].

Le rapprochement avec le Soleil n'a pas été compris par tous, et je dois préciser plusieurs points. Les raies $K_3$ et $K_2$ de la lumière générale ont les particularités suivantes : la raie $K_3$ est un peu déplacée vers le rouge, ce qui annonce une descente générale de la vapeur; d'autre part, la raie $K_2$

(1) Ces corps radioactifs, supposés semblables au radium, sont projetés hors du noyau par l'explosion, et se répandent dans l'espace extérieur. Là ils poursuivent la transformation qui leur est propre, en dégageant des gaz tels que l'hélium; ils ionisent et illuminent l'atmosphère qui les entoure. On peut expliquer par eux les dernières phases du phénomène, à savoir : la transformation en nébuleuse, et ensuite en étoile Wolf-Rayet. Dans cet ordre d'idées, le nébulium, et d'autres gaz encore inconnus, seraient un produit de leurs décompositions successives.

est un peu déplacée vers le violet et, par suite, ses deux composantes ont une largeur inégale. Si l'on se reporte au disque solaire, les points ordinaires ont les mêmes déplacements de $K_3$ et $K_2$, plus ou moins accentués suivant les cas. Mais, là où se trouvent un filament de la couche supérieure ou une facule, les déplacements sont inverses; sur le filament, la raie $K_3$ est portée vers le violet, et parfois très fortement; sur la facule, les raies $K_3$ et $K_2$ sont déplacées vers le rouge, les deux composantes de $K_2$ étant fortes et égales.

En fait, pour les déplacements, il y a antagonisme entre les points ordinaires de l'astre d'une part, entre les filaments et facules d'autre part; et l'on s'explique les aspects divers des composantes $K_2$ dans la lumière générale; le rapport de leurs largeurs est variable et lié évidemment aux mouvements généraux des deux couches chromosphériques.

Supposez maintenant un accroissement considérable des facules et surtout des filaments, à la fois en nombre et en activité. La raie noire $K_3$ est élargie et portée fortement vers le violet; la raie brillante $K_2$, plus large et plus brillante, est déplacée relativement vers le rouge, et vous avez les deux raies principales, caractéristiques des étoiles nouvelles (¹).

Tous ces rapprochements montrent le grand intérêt d'une étude complète et continue des radiations chromosphériques dans les étoiles; on peut s'attacher d'abord aux Céphéides et aux groupes G et K d'Harvard.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la chaleur spécifique des vapeurs saturées aux basses températures.* [Réponse à une Note (²) de M. G. Bruhat.] Note de M. **E. Ariès**.

M. G. Bruhat a récemment publié dans ce Recueil, sous le titre : *Remarques sur la détente des vapeurs saturées*, une Note (³), d'ailleurs très intéressante, dans laquelle il arrive à établir, sur la foi d'une formule empruntée aux *Leçons de Thermodynamique* de M. Max Planck, que la chaleur spécifique $m'$ d'une vapeur saturée, très grande et négative aux basses températures, tend vers $-\infty$, au zéro absolu.

Ce résultat, conforme à ce qui a été déjà dit par d'autres auteurs, diffère considérablement de celui auquel je suis arrivé moi-même, à savoir que le

(¹) Le spectre continu subsiste dans la nouvelle étoile, mais non la couche $K_1$ et la couche renversante, qui disparaissent ainsi que dans certaines étoiles blanches.

(²) Séance du 23 août 1920.

(³) Voir *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 162.

coefficient $m'$, très petit et positif au voisinage du zéro absolu, s'annule à cette température.

La démonstration que j'ai donnée dans ce même Recueil a pu souffrir d'une faute de raisonnement qui m'avait échappé dans une Communication antérieure (¹). Dans un opuscule qui vient de paraître (²), j'ai rectifié cette démonstration sur laquelle je ne veux pas revenir aujourd'hui. Je me bornerai à en donner une nouvelle, basée sur les propres formules de M. Bruhat.

Il est d'abord facile de voir *a priori*, par une représentation de la courbe de saturation et des adiabatiques, en prenant le volume et la pression comme coordonnées, que le coefficient $m'$ ne peut être négatif aux basses températures. Ce coefficient est, par définition, égal à $T\frac{\partial S}{\partial T}$, S étant une fonction de la température seule, qui représente la valeur de l'entropie sur la courbe de saturation. Or, au voisinage du zéro absolu, S croît nécessairement avec la température, et $\frac{\partial S}{\partial T}$ est essentiellement positif. On s'en rend compte aisément par l'impossibilité complète dans laquelle on se trouve de concevoir une disposition des lignes adiabatiques de l'état gazeux venant rencontrer la courbe de saturation, de façon à faire diminuer l'entropie sur cette courbe, tout en faisant croître la température à partir du zéro absolu. $T\frac{\partial S}{\partial T}$, c'est-à-dire $m'$, est donc positif.

La réfraction des lignes adiabatiques, à la traversée de la courbe de saturation, tend à disparaître à mesure que la température s'approche du zéro absolu, comme le montrent les formules (2) et (5) de M. Bruhat, en vertu desquelles les angles $\alpha$ et $\beta$ s'annulent à cette température limite. Mais, si les cotangentes de ces angles deviennent infinies, la différence $\cot\beta - \cot\alpha$ s'annule aussi, ce qui n'est possible, d'après la formule (6), que si $m' = 0$, puisque T et $\frac{dp}{dT}$ s'annulent au zéro absolu.

On arrive à la même conclusion $m' = 0$, par la seconde des trois formules (4) de M. Bruhat en utilisant la formule qui donne la tension de la vapeur saturée aux basses températures. Réciproquement, la valeur limite $m' = 0$ étant admise, on déduit de la formule précitée de M. Bruhat celle qui donne la tension de vapeur, et qui a une importance théorique considé-

(¹) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 343 et 986.

(²) E. ARIÈS, *Propriétés générales des fluides*, p. 21 et 42. Paris, A. Hermann et fils, 1920.

rable. Il est permis d'espérer qu'on en puisse tirer, un jour, la valeur limite du rapport des deux chaleurs spécifiques des gaz parfaits, valeur encore bien incertaine, qu'il s'agisse des corps monoatomiques, diatomiques ou d'une complexité moléculaire plus grande, puisque ce rapport varie, avec la température, comme les chaleurs spécifiques elles-mêmes, contrairement à ce que l'on admet trop souvent.

Je ferai enfin remarquer, en terminant, que la simple inspection de la formule (10) de M. Bruhat établit pour ainsi dire sans démonstration deux autres propositions aussi importantes que celles concernant la chaleur spécifique et la tension de la vapeur saturée aux basses températures, et qui paraissent être également bien peu connues, à savoir que :

1° La chaleur de vaporisation d'un liquide tend vers zéro, à mesure que la température s'approche du zéro absolu, et non vers une valeur finie $L_0$, comme l'admet M. Max Planck;

2° L'entropie de la vapeur saturée émise par ce liquide, qui est l'entropie minima du corps réduit à l'état de gaz parfait, tend vers la même valeur que la chaleur spécifique à pression constante du gaz parfait, quand la température s'approche du zéro absolu.

## CORRESPONDANCE.

Le **Recteur de l'Université de Göttingue** fait part du décès de M. le professeur **W. Voigt**, Correspondant de l'Académie pour la Section de Mécanique, survenue le 13 décembre 1919.

M. **Liouville** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

MÉCANIQUE ET CHRONOMÉTRIE. — *Sur les organes réglants des chronomètres.* Note de M. **Jules Andrade.**

Les problèmes mécaniques du réglage des chronomètres sont loin d'être épuisés par les mémorables travaux de Villarceau, Phillips, Résal et Caspari ; entrepris pour la justification des découvertes instinctives des artistes chronométriers du XVIII^e siècle, ces travaux ont demandé à la théorie de la flexion

des ressorts tout ce qu'elle pouvait donner dans les divers problèmes chronométriques envisagés par leurs auteurs.

Pour compléter leur œuvre, en ce qui concerne les organes réglants des chronomètres, il faudra demain, d'une part une collaboration de géomètres, capable d'adapter, avec l'approximation nécessaire, le problème de Saint-Venant à la flexion et à la torsion simultanée des verges gauches, d'autre part un contrôle expérimental des lois admises jusqu'ici, ouvertement ou implicitement dans la technique du réglage des chronomètres.

Pour ce contrôle, j'ai indiqué une méthode fondée sur l'emploi des balances spirales dont le fonctionnement, convenablement conduit, n'emprunte à la théorie de l'élasticité que les seules lois de symétrie; une méthode purement physique permet alors la graduation de ces balances dont j'espère bientôt achever la construction avec la collaboration de M. Simonet, mécanicien de précision.

De l'emploi de ces balances résulteront :

1° Un contrôle précis de la théorie de Résal sur les ressorts circulaires;

2° L'analyse expérimentale des efforts *longitudinaux* et *transverses* transmis par sa virole au balancier d'un chronomètre armé d'un spiral cylindrique simple;

3° L'analyse expérimentale des mêmes efforts pour le spiral plat.

De ces derniers contrôles sortira, soit la confirmation, soit la correction des hypothèses énoncées jusqu'à ce jour sur la déformation des spiraux plat ou cylindrique.

La première de ces hypothèses remplace la fibre moyenne du spiral gauche par sa projection sur un plan transverse, c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe du balancier; elle ramène ainsi la *première partie du problème* à une déformation plane de flexion simple, fournissant ainsi une évaluation approchée des efforts transverses et par suite le moment mécanique transmis autour de l'axe d'un balancier par la virole.

Comme les réactions *longitudinales* n'influent pas sur ce moment, on a pu d'abord les passer sous silence; mais il n'en est plus de même dans l'évaluation des frottements; une réaction longitudinale sur la virole, non seulement modifie la pression verticale du pivot de l'axe du balancier sur son support, mais encore produit des réactions nouvelles transverses sur les appuis latéraux de l'axe du balancier et certes, à ce point de vue, elles ne sont plus *à priori* négligeables, comme on l'admet quelquefois.

Toutefois, il est un cas où, les pressions latérales ayant été évaluées sans tenir compte des réactions longitudinales aux deux points d'attache de la

fibre moyenne du ressort spiral, la correction peut se faire après coup par la simple introduction d'un facteur constant dans le résultat final; c'est le cas où l'on suppose que, le couple d'encastrement au piton, comme à la virole, restant chacun dans un plan transverse, les forces isolées supplémentaires agissant aux extrémités de la fibre moyenne *doivent alors se réduire à deux forces mutuelles* ayant pour commune ligne d'action la *corde de jonction* de ces points d'attache.

Cette *hypothèse* a évidemment cours dans certains milieux techniques puisque je l'ai rencontrée dans des raisonnements relatifs à la discussion de brevets.

Or sur cette hypothèse de techniciens les théories actuelles du réglage sont muettes; en attendant que le contrôle expérimental en décide, l'hypothèse mérite évidemment d'être prise en considération; or nous allons voir que le problème qu'elle soulève a une importance pratique et que le perfectionnement des chronomètres marins en dépend, tout au moins par sa simplicité.

Dans ma théorie des spiraux associés j'ai montré que la production, par des ressorts, d'un couple pur, *en l'absence de toute hypothèse spéciale*, exige 4 ressorts associés, en sorte que si l'on veut en outre que le couple pur soit proportionnel à l'écart angulaire $u$ du balancier à son point mort, 8 ressorts devaient être associés.

Mais, *si l'on admet l'hypothèse plus haut indiquée*, il deviendrait possible de réaliser pratiquement les effets désirés avec deux spiraux Le Roy; *deux spiraux* au lieu de *huit*.

En effet, associons l'hypothèse des techniciens avec mon théorème sur deux spiraux de Le Roy d'étendue angulaire $(2n \pm 1)\frac{\pi}{2} = p$ [1], mais en spécifiant la coïncidence de leurs deux viroles; nous obtiendrons les deux résultats suivants :

1° Les deux composantes verticales de chaque réaction complémentaire sur la virole commune se détruisent;

2° L'assemblage des deux spiraux Le Roy à viroles confondues produit, parla virole commune et sur le balancier, une pression transverse purement radiale et dont la valeur à l'approximation de $\frac{1}{p^3}$ est sensiblement proportionnelle à

$$\frac{u}{p} \times \left(\frac{\sin p}{p}\right),$$

[1] *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 496.

produit où la parenthèse facteur est susceptible de changer de signe avec la parité de $n$.

On sait, d'ailleurs, que ce couple de spiraux Le Roy produit, abstraction faite des frottements, une vibration régulièrement sinusoïdale à l'ordre de $\frac{1}{p^3}$. D'autre part, si $\psi$ est le coefficient de frottement dû à la pression radiale sensiblement constante, l'ordre de la variation d'isochronisme sera celui de $\frac{3}{8}\frac{\psi^2}{p^4}$, négligeable par conséquent vis-à-vis de $\frac{1}{p^3}$; les termes en $u^2$ ont une influence encore moindre, mais dépendante de l'amplitude.

En résumé, sous la condition de la validité de l'hypothèse des techniciens, on pourrait réaliser, avec deux spiraux Le Roy, les mêmes avantages qu'avec huit spiraux associés pour la production d'un couple mécanique rigoureusement pur, et régulièrement sinusoïdal.

Ceci suffit pour nous permettre d'apprécier l'importance que présentera, pour le perfectionnement des chronomètres marins, la vérification ou l'infirmation de l'hypothèse non encore contrôlée des techniciens.

## MÉCANIQUE. — *Sur les ondes de choc dans les corps solides.* Note de M. E. Jouguet, transmise par M. L. Lecornu.

1. A notre connaissance, les formules qui régissent la propagation des ondes de choc dans les corps solides n'ont pas été données jusqu'ici. Nous nous proposons, dans la présente Note, de les établir. Pour que les ondes de choc diffèrent des ondes d'accélération, les déformations ne doivent pas être simplement infiniment petites. Nous considérerons donc des déformations finies. D'une manière générale, nous adopterons les notations de MM. Cosserat (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, t. 10, 1896), sous la réserve, toutefois, que nous désignerons par $a$, $b$, $c$ les variables de Lagrange (coordonnées dans l'état initial), par $r$ la densité dans l'état initial, par $x$, $y$, $z$ les variables d'Euler (coordonnées dans l'état actuel), par $\xi$, $\eta$, $\zeta$ les déplacements.

2. Nous prendrons le potentiel interne sous la forme

$$(1)\qquad \int W\, da\, db\, dc = \int r\Phi\, da\, db\, dc,$$

c'est-à-dire que nous négligerons, pour simplifier, les actions mutuelles des divers éléments du corps. W et $\Phi$ dépendent de la température absolue T et des six fonctions $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$, $\varepsilon_3$, $\gamma_1$, $\gamma_2$, $\gamma_3$ définissant la déformation.

Soit, dans l'espace des $a$, $b$, $c$, une surface d'onde S qui sera supposée du premier ordre pour les fonctions $x$, $y$, $z$. Au bout du temps $\Delta t$, la surface S sera venue en S' à une distance de S mesurée par $\Delta P$ sur la normale. Nous considérerons trois parties dans le corps : la partie o comprise entre S et S', les parties 1 et 2 situées de part et d'autre, le sens de la propagation étant de 2 vers 1.

Considérons, selon le procédé que nous avons employé autrefois pour les fluides [1], une modification virtuelle où la température de chaque élément reste constante. Désignons, pour l'unité de masse, par $\delta\varpi_e$ le travail des forces extérieures, par $\delta j$ celui des forces d'inertie, par $\delta U$ la variation d'énergie interne, par $\delta Q$ la chaleur reçue. Nous écrirons

$$(2) \qquad \begin{aligned} &\int_t^{t+\Delta t} dt \mathop{\mathrm{S}}_1 (\delta\Phi - \delta\varpi_e - \delta j)\, r\, da\, db\, dc \\ &+\int_t^{t+\Delta t} dt \mathop{\mathrm{S}}_2 (\delta\Phi - \delta\varpi_e - \delta j)\, r\, da\, db\, dc \\ &+\int_t^{t+\Delta t} dt \mathop{\mathrm{S}}_0 (\delta U + \delta Q - \delta\varpi_e - \delta j)\, r\, da\, db\, dc = 0. \end{aligned}$$

Nous supposerons d'ailleurs $\Delta t$ infiniment petit.

3. Le développement de (2) donne des équations relatives aux champs 1 et 2, des équations relatives aux surfaces limitant le corps et des équations relatives à la surface S. Ne retenons ici que ces dernières. Soient $l$, $m$, $n$ les cosinus directeurs de la normale à S dirigée de 2 vers 1. Posons

$$(3) \quad (A, B, C)_x = \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial \xi}{\partial(a, b, c)}}, \quad (A, B, C)_y = \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial \eta}{\partial(a, b, c)}}, \quad (A, B, C)_z = \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial \zeta}{\partial(a, b, c)}};$$

$$(4) \qquad (F, G, H) = l A_{x,y,z} + m B_{x,y,z} + n C_{x,y,z}.$$

Si nous notons $u$, $v$, $w$ les composantes de la vitesse, les équations relatives à la surface S seront les suivantes (*équations de la quantité de mouvement*) :

$$(I) \qquad r\frac{dP}{dt} = \frac{F_1 - F_2}{u_2 - u_1} = \frac{G_1 - G_2}{v_2 - v_1} = \frac{H_1 - H_2}{w_2 - w_1}.$$

4. Il faut joindre aux équations de la quantité de mouvement l'équation de continuité et la relation supplémentaire.

---

[1] *Sur la propagation des discontinuités dans les fluides* (*Comptes rendus*, t. **132**, 1901, p. 673).

Soient $\rho$ la densité dans l'état actuel, $\Delta$ le déterminant classique $\frac{r}{\rho}$. Posons

$$(5)\qquad (L, M, N) = l \frac{\partial\Delta}{\partial \frac{\partial(\xi, \eta, \zeta)}{\partial a}} + m \frac{\partial\Delta}{\partial \frac{\partial(\xi, \eta, \zeta)}{\partial b}} + n \frac{\partial\Delta}{\partial \frac{\partial(\xi, \eta, \zeta)}{\partial c}},$$

et remarquons que L, M, N sont sans discontinuité sur S. L'*équation de continuité* peut s'écrire, comme pour les fluides,

$$(\text{II})\qquad r\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}\frac{dP}{dt} = \rho_1[L(u_2 - u_1) + M(v_2 - v_1) + N(w_2 - w_1)].$$

5. La *relation supplémentaire*, si l'on supposait les mouvements isothermes, serait $T_1 = T_2$. Mais il est plus satisfaisant de supposer les mouvements adiabatiques. La considération des déplacements réels, au lieu des déplacements virtuels, et l'hypothèse $dQ = 0$, permettent, au moyen de (2), de démontrer la relation

$$(\text{III})\qquad r\frac{dP}{dt}\left[U_2 - U_1 + \frac{u_2^2 + v_2^2 + w_2^2 - u_1^2 - v_1^2 - w_1^2}{2}\right] = (F_1 u_1 + G_1 v_1 + H_1 w_1) - (F_2 u_2 + G_2 v_2 + H_2 w_2).$$

Moyennant (I) et (II), cette relation peut se remplacer par l'une quelconque des suivantes dont la dernière exprime la loi adiabatique d'Hugoniot pour les corps élastiques :

$$(\text{III}')\qquad 2r^2\left(\frac{dP}{dt}\right)^2(U_2 - U_1) = F_2^2 + G_2^2 + H_2^2 - F_1^2 - G_1^2 - H_1^2,$$

$$(\text{III}'')\qquad 2\frac{\rho_1\rho_2}{\rho_2 - \rho_1}[L(F_1 - F_2) + M(G_1 - G_2) + N(H_1 - H_2)](U_2 - U_1) = F_2^2 + G_2^2 + H_2^2 - F_1^2 - G_1^2 - H_1^2.$$

6. Passons maintenant des variables de Lagrange à celles d'Euler. La surface S devient une surface $\Sigma$ dont la normale (de 2 vers 1) a pour cosinus directeurs $\alpha$, $\beta$, $\gamma$. Soient $\frac{d\varpi_1}{dt}$, $\frac{d\varpi_2}{dt}$ la célérité de l'onde $\Sigma$ par rapport à la matière prise dans les états 1 ou 2. On sait que [1]

$$(6)\qquad \begin{cases} \dfrac{\alpha}{L} = \dfrac{\beta}{M} = \dfrac{\gamma}{N} = \dfrac{1}{\sqrt{L^2 + M^2 + N^2}}, \\ \rho_1\dfrac{d\varpi_1}{dt} = \rho_2\dfrac{d\varpi_2}{dt} = r\dfrac{dP}{dt}\dfrac{1}{\sqrt{L^2 + M^2 + N^2}}. \end{cases}$$

Introduisons d'ailleurs les *tensions* $N_1$, $N_2$, $N_3$, $T_1$, $T_2$, $T_3$. Elles sont liées aux A, B, C par les équations (36) du Mémoire de MM. Cosserat

(1) *Sur la propagation des réactions chimiques dans les gaz* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 6e série, t. 1, 1905).

(p. I. 48) que nous ne reproduirons pas ici. Posons alors

$$(\mathcal{F}, \mathcal{G}, \mathcal{H}) = \alpha(N_1, T_3, T_2) + \beta(T_3, N_2, T_1) + \gamma(T_2, T_1, N_3). \tag{7}$$

Les équations (6) et (7), avec les équations (36) de MM. Cosserat, transforment les relations (I), (II), (III), (III'), (III'') en les suivantes :

$$\rho_1 \frac{d\varpi_1}{dt} = \frac{\mathcal{F}_1 - \mathcal{F}_2}{u_2 - u_1} = \frac{\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2}{v_2 - v_1} = \frac{\mathcal{H}_1 - \mathcal{H}_2}{w_2 - w_1},$$

$$\rho_1 \frac{d\varpi_1}{dt} \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 \rho_2} = \alpha(u_2 - u_1) + \beta(v_2 - v_1) + \gamma(w_2 - w_1),$$

$$2\rho_1^2 \left(\frac{d\varpi_1}{dt}\right)^2 (U_2 - U_1) = \mathcal{F}_2^2 + \mathcal{G}_2^2 + \mathcal{H}_2^2 - \mathcal{F}_1^2 - \mathcal{G}_1^2 - \mathcal{H}_1^2,$$

$$2\frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 - \rho_1}[\alpha(\mathcal{F}_1 - \mathcal{F}_2) + \beta(\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2) + \gamma(\mathcal{H}_1 - \mathcal{H}_2)] = \mathcal{F}_2^2 + \mathcal{G}_2^2 + \mathcal{H}_2^2 - \mathcal{F}_1^2 - \mathcal{G}_1^2 - \mathcal{H}_1^2.$$

Toutes ces formules sont analogues à celles que Duhem a trouvées pour la propagation des ondes de choc dans les fluides visqueux lorsque les lois de la viscosité sont telles qu'elles permettent cette propagation. Cette analogie pouvait évidemment être prévue *a priori*.

MÉCANIQUE. — *Déformation d'un ressort en hélice.* Note de M. **Galbrun**, présentée par M. G. Kœnigs.

Dans une Note précédente [1] j'ai indiqué comment on peut étudier les petites déformations éprouvées par un ressort, dont la fibre neutre est à l'état naturel une hélice circulaire, sous l'action de forces appliquées à ses extrémités parallèlement à l'axe de l'hélice.

Quand les extrémités du ressort, situées sur une même génératrice du cylindre portant l'hélice, sont encastrées, la variation $\delta z$ de leur distance a pour expression, en reprenant les notations définies précédemment [2] :

$$\text{Compression } \delta z = \frac{2R}{m_2}\left[b \sin\theta \left(n\pi - \frac{n\pi b \cos\theta}{m_2} + \frac{2\varkappa^2 \beta \tang \frac{\gamma}{2}}{m_2 p}\right) + 2\varkappa^2 \frac{k_2 \beta \tang \frac{\gamma}{2}}{p}\right], \tag{1}$$

$$\text{Traction } \delta z = \frac{2R}{m_2}\left[b \sin\theta \left(n\pi - \frac{n\pi b \cos\theta}{m_2} - \frac{2\varkappa^2 \beta \operatorname{th} \frac{\gamma}{2}}{m_2 p}\right) - 2k_2 \frac{k_2 \beta \operatorname{th} \frac{\gamma}{2}}{p}\right], \tag{2}$$

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 191, 386.

(2) Ces formules rectifient celles de la Note précédente (*Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 388) dans lesquelles un terme avait été omis.

avec

$$p = 1 + \frac{\varkappa^2 m_3}{\lambda^2 \vartheta^2}.$$

Quand la force $G_3$ est relativement faible et que le pas de l'hélice est assez petit pour que l'on puisse poser $\sin\theta = 1$, $\cos\theta = 0$, les expressions de $\delta z$ deviennent :

$$(3) \qquad \delta z = \frac{2 R n \pi b}{\vartheta^2},$$

formule employée habituellement.

Mais il n'en est plus de même, quand on se donne des conditions aux limites différentes. Ainsi dans le cas où, les deux extrémités du ressort pouvant se mouvoir autour de leur centre, les trois couples élastiques y sont nuls, on trouve

$$(4) \quad \text{Compression} \begin{cases} \delta x = 2R \dfrac{\cos\theta}{\sin\theta} k_1 n\pi, \\ \delta y = R\left[2n\pi \dfrac{a_0}{m_1} + \dfrac{2\cos\theta}{\sin\theta} k_2 n\pi + \beta \operatorname{tang} \dfrac{\gamma}{2} B\right], \\ \delta z = -2R\left[n\pi l_0 + \operatorname{tang}\theta\, \beta \operatorname{tang} \dfrac{\gamma}{2}\right]; \end{cases}$$

$$(5) \quad \text{Traction} \begin{cases} \delta x = 2R \dfrac{\cos\theta}{\sin\theta} k_1 n\pi, \\ \delta y = R\left[2n\pi \dfrac{a_0}{m_1} + \dfrac{2\cos\theta}{\sin\theta} k_2 n\pi - \beta \operatorname{th} \dfrac{\gamma}{2} B\right], \\ \delta z = 2R\left[n\pi l_0 - \operatorname{tang}\theta\, \beta \operatorname{th} \dfrac{\gamma}{2}\right] \end{cases}$$

avec

$$(6) \quad \begin{cases} \dfrac{a_0}{m_1} = -\dfrac{b \sin\theta\, m_1}{\lambda^2 \vartheta^2}, \\ l_0 = -\dfrac{b\sin\theta\, m_3}{\lambda^2\vartheta^2}, \qquad B = \dfrac{1}{p}\left[2\left(1 - \dfrac{\varkappa^2}{\lambda^2}\right) + 3\varkappa^2 \dfrac{(\lambda^2 - \vartheta^2)\sin^2\theta}{\lambda^2\vartheta^2}\right]. \end{cases}$$

Quand $G_3$ est assez petit pour que l'on puisse confondre $\operatorname{tang}\frac{\gamma}{2}$ et $\operatorname{th}\frac{\gamma}{2}$ avec l'argument $\frac{\gamma}{2}$, les formules donnant $\delta z$ deviennent :

$$(7) \qquad \delta z = 2 R n\pi b \sin\theta \left[\frac{3}{2}\frac{m_3}{\lambda^2\vartheta^2} + \frac{1}{2\varkappa^2}\right].$$

Pour une section circulaire on a $\vartheta^2 = 2\frac{G}{E}\varkappa^2$; si $\theta$ est voisin de $\frac{\pi}{2}$,

on a $m_3 = \lambda^2$; la formule (7) devient

$$\delta z = \frac{2 R n \pi b}{\mathfrak{S}^2}\left(2 - \frac{1}{10}\right) \tag{8}$$

en adoptant $\frac{2}{5}$ pour valeur du rapport $\frac{G}{E}$.

La variation de distance des deux extrémités est donc presque le double de celle que donne la formule (3) relative au cas de l'encastrement.

Pour employer les formules (4) et (5) il convient de remarquer que pour avoir le mouvement complet du ressort, il faut tenir compte de ce que le trièdre auquel est rapportée l'hélice à l'état normal peut pivoter autour de l'extrémité $A_1$ du ressort correspondant à la valeur nulle de l'angle $\psi$. Les quantités $G_1$, $G_2$, $G_3$, $\delta x$, $\delta y$, $\delta z$ sont respectivement les projections de la force et du déplacement de la seconde extrémité $A_2$ sur les axes de ce trièdre mobile autour de $A_1$. Supposons par exemple que l'extrémité $A_2$ soit assujettie à se mouvoir sur la génératrice du cylindre portant l'hélice à l'état naturel et passant par $A_1$; on a alors $\delta x = \delta y = 0$; la force $G_1$ appliquée en $A_2$ suivant la normale à $A_1 A_2$ rencontrant l'axe du ressort est nulle; la force $G_2$ donnée par l'équation $\delta y = 0$ est telle que le rapport $k_2$ reste de l'ordre de grandeur de $b$; elle a pour effet d'appliquer l'extrémité $A_2$ sur la paroi de la glissière $A_1 A_2$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de la nouvelle étoile du Cygne.* Note de M. **d'Azambuja**, présentée par M. Deslandres.

La présente Note résume les premiers résultats obtenus sur le spectre de la nouvelle étoile, étudié avec les prismes-objectifs de l'Observatoire de Meudon.

Deux appareils ont été employés :

A. Une chambre prismatique, constituée par un miroir concave de $0^m,75$ de distance focale, associé à un prisme de flint ayant un angle réfringent de 23° et $0^m,25$ d'ouverture. Cette chambre a fourni un bon cliché de la partie visible du spectre, avec une pose de 2 minutes seulement.

B. Une seconde chambre prismatique, comportant un prisme de quartz de 60° et de $0^m,06$ d'ouverture, l'image du spectre étant formée par une lentille simple, en quartz également, de $0^m,50$ de distance focale. Ce second appareil a donné, en 40 minutes de pose, une épreuve de la partie ultra-violette du spectre.

L'observation, avec l'appareil A, a été faite le 25 août, à $21^h 30^m$. L'étoile brillait alors d'un vif éclat, comparable à celui de $\gamma$ Cygne (grandeur = 2,3).

L'épreuve fournie par l'appareil B a été obtenue le 28 août de $1^h 25^m$ à $2^h 5^m$. L'étoile avait diminué et son éclat semblait légèrement inférieur à celui de $\delta$ Cygne (grandeur = 3,0).

Les spectres de comparaison ont été fournis par l'étoile $\alpha$ Cygne (type $A_{2p}$) voisine de la Nova étudiée. Les observations ont été fortement gênées par la Lune, dont la présence a rendu impossibles les longues poses et empêché, en particulier, la reconnaissance des parties peu réfrangibles du spectre, accessibles seulement aux plaques orthochromatiques.

Les résultats sont les suivants :

Le spectre reconnu est compris entre $4861^{\text{Å}}$ ($H_\beta$) et $3060^{\text{Å}}$. De nombreuses raies y apparaissent, se détachant sur un fond continu assez intense. Les principales d'entre elles peuvent être identifiées avec les raies constituant la première série secondaire de l'hydrogène, de $H_\beta$ à $H_\theta$. Au delà de $H_\theta (3798^{\text{Å}})$, il n'y a plus coïncidence certaine entre les raies de l'hydrogène du spectre de comparaison, visibles jusqu'à $H_\xi (3704^{\text{Å}})$ et celles de la nouvelle étoile. A partir de $3650^{\text{Å}}$, le spectre paraît continu, avec quelques condensations, très diffuses et à peine marquées.

La courbe représentative de l'éclat du spectre n'est pas absolument identique à celle de $\alpha$ Cygne à laquelle la Nova a été comparée. La partie ultraviolette semble relativement plus intense. La limite, $\lambda = 3060$, est cependant sensiblement la même. Une pose plus forte l'aurait probablement reculée quelque peu.

Les raies semblent toutes présenter, à des degrés divers, l'aspect caractéristique déjà signalé dans des Novæ antérieures. Elles offrent une partie brillante, large et diffuse, déplacée vers le rouge par rapport à la raie de comparaison, et accolée à une partie sombre, large également, mais plus nette, très fortement déplacée vers le violet.

Ce fort déplacement peut être dû, en partie, à l'empiètement de l'une des composantes sur l'autre. Les vitesses radiales réelles seraient ainsi plus faibles que celles du Tableau ci-après, calculées d'après le déplacement apparent, seul mesurable.

| Nature des raies. Observations. | | I. | λ mesurées. | λ des tables. | Vitesses radiales par rapport à α Cygne en km : sec. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Hβ | b | 8 | 4.868$^{A}$ | | +434 | |
| | | | | 4.861$^{A}$ | | |
| | n | 8 | 4.845 | | | −992 |
| Triplet. — Les composantes brillantes apparaissent seules. | b | 3 | 4.445 | | | |
| | b | 3 | 4.419 | | | |
| | b | 3 | 4.398 | | | |
| Hγ — Peut-être double ou renversée. | b | 9 | 4.345 | | +276 | |
| | | | | 4.341 | | |
| | n | 6 | 4.328 | | | −897 |
| 2 maxima brillants faisant suite à la raie sombre (1) | b | 3 | 4.316 | | | |
| | b | 2 | 4.298 | | | |
| Triplet. — Moins net que le triplet 4.445 — 4.398. Même remarque sur les composantes. | b | 3 | 4.270 | | | |
| | b | 3 | 4.252 | | | |
| | b | 2 | 4.231 | | | |
| La composante brillante, seule, est nettement visible. | b | 3 | 4.180 | | | |
| | n | 1 | 4.160 | | | |
| Hδ | b | 9 | 4.105 | | +219 | |
| | | | | 4.102 | | −876 |
| | n | 5 | 4.090 | | | |
| Hε et H (calcium) | b | 8 | 3.974 | | +300 | |
| | | | | 3.970 | | |
| | n | 10 | 3.958 | | | −900 |
| K (calcium) | b | 5 | 3.939 | | +385 | |
| | | | | 3.934 | | |
| | n | 9 | 3.923 | | | −836 |
| Hζ — Double | b | 3 | 3.898$^{A}$ | | +231 | |
| | b | 3 | 3.886 | | | |
| | | | | 3.889$^{A}$ | | |
| | n | 2 | 3.878 | | | −847 |
| Composantes diffuses | b | 2 | 3.861 | | | |
| | n | 1 | 3.850 | | | |
| Hη | b | 2 | 3.838 | | +158 | |
| | | | | 3.836 | | |
| | n | 3 | 3.826 | | | −790 |

(1) Ces maxima successifs ont déjà été notés dans le spectre de l'étoile nouvelle du Cocher.

| Nature des raies. Observations. | | I | λ mesurées. | λ des tables. | Vitesses radiales par rapport à α Cygne en km : sec. |
|---|---|---|---|---|---|
| $H_\theta$ | n | 2 | 3.788 | 3.798 | —790 |
| Composantes brillantes invisibles | n | 2 | 3.753 | | |
| | n | 2 | 3.727 | | |
| | n | 1 | 3.714 | | |
| | n | 1 | 3.698 | | |
| Assez nette | b | 2 | 3.683 | | |
| | n | 2 | 3.672 | | |
| 4 condensations brillantes, peu visibles | b | 1 | 3.463 | | |
| | b | 1 | 3.446 | | |
| | b | 1 | 3.427 | | |
| | b | 1 | 3.412 | | |

Les raies brillantes sont marquées *b*; les raies noires, *n*. Les intensités I sont comptées de 1 à 10, 10 indiquant, ou une raie très brillante, ou une raie très noire, selon que son indice est *b* ou *s*.

La faible dispersion des appareils employés et l'aspect diffus de la plupart des raies n'ont pas permis de préciser les longueurs d'ondes à plus d'une unité Ångström près. L'incertitude, sur les vitesses radiales, est ainsi de ± 75 km : sec environ, en moyenne.

Plusieurs raies du Tableau, non identifiées, appartiennent peut-être à des éléments connus, mais la complexité du spectre rend leur attribution incertaine.

On peut seulement remarquer que le spectre de la nouvelle étoile du Cygne présentait, les 25 et 28 août, l'aspect habituel des spectres des Novæ, au cours du premier stade de leur évolution.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de* Nova Cygni. Note de M. **Burson**, présentée par M. Deslandres.

Étant chargé du service de la grande lunette double de l'Observatoire de Meudon, je me suis proposé d'obtenir le spectre de la *Nova Cygni* avec le spectrographe à deux prismes de flint, qui est fixé à la lunette photographique; le spectre a une longueur de $88^{mm}$ entre λ 495 et λ 387.

L'étoile a été signalée le 21, et dans les jours qui ont suivi, le temps a été

en général mauvais; aussi je n'ai pu obtenir que deux épreuves. La première, du 25 août, a posé pendant deux heures, mais le ciel était brumeux; la deuxième, avec une pose de trois heures par un beau ciel le 27 août, est plus intense malgré la diminution d'éclat de l'étoile; elle montre plus de détails que la précédente; et ces détails sont dus certainement en grande partie à une transformation subie par l'étoile dans l'intervalle des épreuves.

Le spectre est dans son ensemble le spectre classique des Novæ; il offre les raies de la chromosphère solaire, dues à l'hydrogène et au calcium, très larges et doubles; l'une des raies étant noire et déplacée fortement vers le violet, et l'autre étant brillante et déplacée fortement vers le rouge par rapport à la première; les deux raies apparaissent ainsi accolées.

Un spectre de comparaison du fer et du titane est juxtaposé au spectre stellaire, et j'ai pu mesurer les déplacements des raies brillantes et noires qui sont plutôt des bandes; les déplacements sont résumés dans le Tableau ci-dessous; mais il faut noter que la précision est faible, les raies brillantes ayant une largeur moyenne de 23Å,5 et les raies noires une largeur moyenne de 6Å,5; la mesure eût été plus facile avec une dispersion moindre.

| | | 25 août. | 27 août. |
|---|---|---|---|
| | | kg | kg |
| Calcium K 3933 | raie noire large floue | —815 | —1040 |
| | raie brillante très large | | + 290 |
| Calcium H 3968 | raie noire large floue | —760 | —1000 |
| | raie brillante très large | | + 485 |
| Hydrogène Hδ 4101 | raie noire large floue | —738 | —1008 |
| | raie brillante large | | + 95 |
| Hydrogène Hγ 4340 | raie noire large floue | —828 | — 980 |
| | raie brillante large | | + 208 |
| Hydrogène Hβ 4861 | raie noire large floue | —886 | —1275 |
| | raie brillante large | + 9 | + 237 |

On a relevé le milieu de chaque bande noire ou brillante; dans la deuxième épreuve chacune des bandes brillantes offre des renversements secondaires qui seront présentés plus tard.

La deuxième épreuve montre aussi d'autres maxima et minima de lumière, assez nombreux et moins larges que les précédents, mais toujours diffus, et d'ailleurs enchevêtrés. Le relevé, qui est difficile, est réservé pour une Note ultérieure. Je signalerai seulement deux maxima bien nets, qui, moins réfrangibles que $H_\beta$, ont les longueurs d'onde moyennes de 4925 et

5019; corrigées de la vitesse radiale, elles semblent correspondre à des raies du parhélium [1]

De plus, les deux épreuves montrent deux raies vraiment fines que la dispersion, déjà forte de l'appareil, permet de révéler, et qui apparaissent dans les larges raies brillantes H et K du calcium précédemment signalées. Ce sont deux raies d'absorption dues aussi au calcium; mais la vapeur est à basse pression et est certainement distincte des vapeurs qui ont donné les larges raies brillantes et noires du Tableau précédent [2]; elles ont, d'ailleurs, des vitesses différentes, indiquées ci-dessous :

| | | 25 août. | 27 août. |
|---|---|---|---|
| | | kg | kg |
| Calcium K 3933 | raie noire large floue........... | —815 | —1040 |
| | raie sombre très fine nette...... | — 15 | 0 |
| | raie brillante très large......... | | + 290 |
| Calcium H 3968 | raie noire large floue........... | —760 | —1000 |
| | raie sombre très fine nette...... | — 7 | — 7 |
| | raie brillante très large......... | | + 485 |

THERMODYNAMIQUE. — *Les propriétés thermodynamiques des fluides au voisinage de l'état critique*. Note de M. C. **Raveau**.

Les diverses relations touchant les adiabatiques et les isothermes aux environs du point critique, qui figurent dans une Note précédente [3], peuvent se démontrer simultanément et sans calculs. Il suffit pour cela de considérer *la variation d'énergie utilisable* qui accompagne des changements $dv$, $dT$ à partir du point critique.

Dans la différentielle $p\,dv - J\,\frac{(T-T_0)}{T}\,dQ$, prenons $T_0$ égal à $T_c + dT$.

---

[1] Ces raies du parhélium sont en effet les plus intenses du gaz, dans la région photographiée; mais ces mêmes raies ont été signalées déjà dans les précédentes Novæ, et en particulier par Evershed qui les attribue à la vapeur de fer. Ces raies sont trop diffuses pour qu'on puisse décider. Il semble naturel de les rapporter à l'hélium qui est un gaz chromosphérique.

[2] Ces mêmes raies fines du calcium existent sur les épreuves de la Nova Perséi de 1901, faites avec le même appareil; elles ont été signalées aussi dans la Nova Aquilæ III de 1918. Enfin on les remarque avec le même caractère dans l'étoile δ Orion et dans plusieurs étoiles doubles de la Voie lactée. Certains auteurs estiment qu'elles annoncent des vapeurs du calcium toutes particulières, qui sont immobiles dans l'espace, par rapport au système sidéral.

[3] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 235.

Imaginons qu'à partir de l'état critique la transformation s'effectue d'abord à $v$ constant, puis à $T_c + dT$ constant. La diminution d'énergie utilisable sera, pour le fluide supposé homogène et pour le système stable hétérogène respectivement, au terme près en $dv$ :

$$\frac{\alpha}{4} dv^4 + \frac{\beta}{5} dv^5 + dT\left(\frac{\partial p}{\partial T} dv + \frac{1}{2}\frac{\partial p}{\partial T^2} dv\, dT + \frac{\gamma}{2} dv^2 + \frac{\delta}{3} dv^3\right) + J\frac{c}{2T_c} dT^2,$$

$$dT\left(\frac{dp}{dT} dv + \frac{1}{2}\frac{d^2p}{dT^2} dv\, dT\right) + J\frac{c_1}{2T_c} dT^2.$$

Un point de la courbe de saturation peut être atteint par voie homogène ou hétérogène ; les deux expressions ont alors même valeur. En les égalant, on remarquera que les deux $dv$ relatifs, pour un même $dT$, aux états du fluide saturé ont, au signe près, même valeur principale $\alpha\, dv^2 + \gamma\, dT = 0$ [condition (5), p. 1174, de M. Bruhat (¹)]. On doit annuler séparément la somme des termes $dT^2$, ce qui donne la valeur de $c - c_1$, et celle des termes en $dT\, dv$, $dT^2 dv$ respectivement, ce qui conduit à la relation (2), p. 236, de la Note citée.

On peut encore considérer une seconde différentielle qui se distingue de la première par la substitution de $-v\,dp$ à $p\,dv$. Pour intégrer $-v\,dp$ à la température $T + dT$, nous diviserons l'isotherme, à partir du point d'abscisse nulle, en deux parties. L'une s'arrêtera au point A dont l'abscisse $\eta_0$ est rigoureusement déterminée par la condition (5) ci-dessous. Viendra ensuite un segment $d\eta$ qui, vu la direction de la tangente, fournira à l'intégrale le terme $2\gamma\eta\, dT\, d\eta$. Lorsque $\eta_0 + d\eta$ est l'abscisse du point V, figuratif de l'état de vapeur saturée, $2d\eta$ est égal à $\eta - \varepsilon$ de M. Bruhat.

Finalement, en laissant de côté l'égalité évidente de $\frac{\partial p}{\partial T}$ et $\frac{dp}{dT}$, on arrive à la double formule

$$\left\{\begin{matrix} \frac{1}{5}\beta\eta^5 + \frac{1}{3}\delta\eta^3 dT \\ -\frac{4}{5}\beta\eta^5 - \frac{2}{3}\delta\eta^3 dT \end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix} \frac{\eta}{2}\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2} - \frac{d^2 p}{dT^2}\right) dT^2 \\ (\eta - \varepsilon)\eta\gamma\, dT \end{matrix}\right\}$$
$$\pm\left(\frac{1}{2}\gamma\eta^2\, dT + \frac{1}{2}\alpha\eta^4\right) + \left(J\frac{c - c_1}{2T} dT^2 - \frac{\alpha}{4}\eta^4\right) = 0,$$

dans laquelle on doit prendre simultanément les lignes et le signe supérieurs

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1173.

ou inférieurs. Chacune des deux dernières parenthèses est nulle. La soustraction ligne par ligne dans les deux parties entre accolades exprime que la droite AV a la direction qui convient. On arrivera aux formules définitives en remplaçant $d$T par sa valeur (5).

*Remarques.* — La démonstration la plus directe de chacune des relations résulte immédiatement de ce qui précède. Pour calculer $c - c_1$ on n'a à considérer que les termes de première approximation, en $\alpha$ et $\gamma$. Pour les autres quantités, on applique la condition de Maxwell en prenant successivement pour expression du travail l'intégrale de $p\,dv$ et celle de $-v\,dp$. On peut observer d'abord que les termes $\alpha$ et $\gamma$ disparaissent à leur tour; on en fera abstraction complètement dans la première intégration, et entre les valeurs $\pm \eta_0$ dans la seconde. Dès lors on pourra se borner à considérer seulement un demi-circuit dans lequel la variation du volume est $> 0$.

Cette condition de Maxwell ne joue d'ailleurs aucun rôle nécessaire, l'équation de l'isotherme $T_c + dT$ ne contenant aucun coefficient qui lui soit propre. En utilisant les expressions classiques de $l$ et $\frac{\partial c}{\partial v}$, on retrouverait la première variation écrite, par la considération d'un circuit entièrement stable, à $T_c$ d'abord, puis à $v + dv$. En nous dispensant de faire appel à ces expressions, nous les avons par là même démontrées, sans rien invoquer que la conséquence la plus immédiate du principe de Carnot, la notion de température absolue et l'application du principe de l'équivalence au cycle de Carnot seul. Il n'est aucunement besoin de parler d'énergie, d'entropie ni de conditions d'intégrabilité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transposition hydrobenzoïnique. Influence de la substitution paraméthoxylée sur la déshydratation des triarylglycols.* Note [1] de MM. **Orékhoff** et **Tiffeneau**, présentée par M. Moureu.

On sait [2] qu'en déshydratant par l'acide sulfurique dilué à chaud les alcoylhydrobenzoïnes, il y a transposition hydrobenzoïnique par migration du phényle voisin de la fonction alcool secondaire et formation d'aldéhydes trisubstitués dans lesquels l'oxygène aldéhydique est celui de l'oxhydryle secondaire

$$C^6H^5C(OH)(R) - CH(OH) - C^6H^5 \rightarrow (C^6H^5)^2 = C(R) - CHO.$$

(1) Séance du 23 août 1920.

(2) Tiffeneau et Dorlencourt, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 16, 1908, p. 237.

Or l'un de nous a montré (¹) que, dans la série des arylhydrobenzoïnes (triarylglycols), la déshydratation de la phénylhydranisoïne par $SO^4H^2$ dilué s'effectue comme ci-dessus :

$$\text{(I)}\quad \begin{matrix} CH^3O.C^6H^4 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>\!C(OH)-CHOH-C^6H^4.OCH^3 \rightarrow \begin{matrix} (CH^3O.C^6H^4)^2 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>\!C-CHO,$$

tandis que la transposition n'a pas lieu avec le triphénylglycol (²)

$$\text{(II)}\quad (C^6H^5)^2C(OH)-CHOH-C^6H^5 \rightarrow (C^6H^5)^2CH-CO-C^6H^5.$$

Dans les deux cas, il y a bien départ de l'oxhydryle tertiaire; mais, dans le premier cas (I), celui-ci paraît s'éliminer avec l'hydrogène (CHOH) de l'oxhydryle secondaire, tandis que dans le second (II) c'est avec l'hydrogène (CHOH) voisin de cet oxhydryle.

$$\text{(I)}\quad \begin{matrix} CH^3OC^6H^4 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>\!C-\underset{\underset{O}{|}}{CH}-C^6H^4OCH^3,$$

$$\text{(II)}\quad \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>\!C=C(OH)-C^6H^5.$$

Cette différence manifeste nous a incités à étudier systématiquement les 5 triarylglycols à substitution para méthoxylée et nous avons fait les constatations suivantes :

1°. — *Cas dans lesquels le groupe arylé voisin de la fonction alcool secondaire est un* $C^6H^5$.

Dans les deux cas examinés (III et IV) les triarylglycols se sont comportés comme le triphénylglycol (II); il y a eu formation de cétones sans transposition :

$$\text{(III)}\quad (CH^3O.C^6H^4)C(OH)(C^6H^5)-CH(OH).C^6H^5 \rightarrow CH^3OC^6H^4.CH(C^6H^5)-CO-C^6H^5,$$

$$\text{(IV)}\quad (CH^3O.C^6H^4)^2C(OH)-CH(OH)-C^6H^5 \rightarrow (CH^3O.C^6H^4)^2CH-CO-C^6H^5.$$

Ainsi, lorsque les triarylglycols ont un $C^6H^5$ au voisinage du CH(OH)

(¹) Orékhoff, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 25, 1919, p. 114.

(²) *Ibid.*, p. 187.

(cas II, III et IV), c'est toujours l'oxhydryle tertiaire qui s'élimine, mais cette élimination s'effectue avec l'hydrogène non oxhydrylique de la fonction alcool secondaire. Le radical phényle paraît donc renforcer la stabilité de l'oxhydryle secondaire et diminuer celle de l'hydrogène voisin.

2°. — *Cas dans lesquels le groupe arylé voisin de la fonction alcool secondaire est un radical p-anisyle* ($CH^3O.C^6H^4$).

Dans les deux nouveaux cas examinés (V et VI), il y a, comme pour la phénylhydranisoïne (I), migration du radical aromatique voisin de la fonction alcool secondaire et formation d'aldéhydes trisubstitués :

$$(V)\qquad (C^6H^5)^2C(OH)-CH(OH)-C^6H^4.OCH^3 \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3O.C^6H^4\end{matrix}\Big\rangle C-CHO,$$

$$(I)\qquad \begin{matrix}C^6H^5\\ CH^3O.C^6H^4\end{matrix}\Big\rangle C(OH)-CH(OH)-C^6H^4.OCH^3 \rightarrow \begin{matrix}C^6H^5\\ (CH^3O.C^6H^4)^2\end{matrix}\Big\rangle C-CHO,$$

$$(VI)\qquad (CH^3O.C^6H^4)^2C(OH)-CH(OH)-C^6H^4.OCH^3 \rightarrow (CH^3O.C^6H^4)^3\ C-CHO.$$

Ainsi c'est toujours l'oxhydryle tertiaire, plus instable, qui s'élimine, mais la présence du radical anisyle a rendu l'hydrogène de l'oxhydryle secondaire moins stable que l'hydrogène voisin et l'élimination d'eau a lieu suivant le type (I).

Toutefois, c'est surtout dans le cas de la phénylhydranisoïne (I) et de l'anisylhydranisoïne (VI) que l'oxhydryle tertiaire est rendu comparativement plus instable par suite de la présence d'un ou de deux groupes anisyles au voisinage de la fonction alcool tertiaire. Par contre, dans le cas du diphénylanisylglycol (V), la stabilité des deux oxhydryles paraît se balancer, si bien que, à côté de l'aldéhyde formulé dans la réaction (V), il y a en outre formation de cétone, provenant d'une transposition du radical phényle (et non plus anisyle) d'après le mécanisme suivant :

$$(V\,bis)\qquad \begin{matrix}C^6H^5\\ C^6H^5\end{matrix}\Big\rangle \underset{\underset{|}{O}}{\underset{|}{C}}-\underset{|}{CH}-C^6H^4.OCH^3 \rightarrow C^6H^5-CO-CH\Big\langle\begin{matrix}C^6H^5\\ C^6H^4.OCH^3\end{matrix}.$$

En résumé, sous l'action d'un même agent déshydratant, les triarylglycols peuvent se transformer diversement, avec ou sans transposition moléculaire.

Lorsque la fonction alcool secondaire est à côté d'un radical phényle, il n'y a pas transposition (formation de cétone); lorsque ce radical est un anisyle, il y a transposition avec formation, tantôt d'un produit unique qui

est un aldéhyde trisubstitué (migration de l'anisyle), tantôt du même aldéhyde accompagné d'une cétone (migration du phényle). Ces réactions transpositrices, simples et mixtes, dépendent de la position des oxhydryles éliminés, et la stabilité de ces oxhydryles paraît elle-même conditionnée par la nature des radicaux substituants.

GÉOLOGIE. — *Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre et les récurrences de l'érosion souterraine.* Note de M. G. **Zeil**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans le Chapitre IV de son *Évolution souterraine* (¹), M. Martel, après avoir montré que dans les régions attaquées par l'érosion interne, on constatait l'existence de cavernes étagées produites par les eaux souterraines, écrit : « Si les activités hydrologiques ont varié selon l'époque, si même elles ont eu de réelles récurrences, il me paraît indéniable que, dans l'ensemble, leur intensité a fini par évoluer vers une diminution croissante. Les causes actuelles sont, sans doute, les mêmes que les anciennes; mais leur puissance est bien déchue. »

Nous allons constater, en discutant les rajustements successifs d'un haut voussoir calcaire, donc susceptibles d'érosion interne, que la genèse de l'évolution de ses cours d'eau souterrains cadre parfaitement avec les hypothèses de M. Martel.

Au cours d'une phase de faux équilibre, sur un tel voussoir les eaux s'écouleront à la fois en surface et en profondeur. Avec le temps, en profondeur, elles agrandiront les fissures préexistantes et finiront généralement par sortir à la base d'une des falaises limitant le voussoir considéré (résurgence); en surface, elles diminueront l'étendue et l'altitude géographiques du voussoir attaqué et diminueront par suite son rôle de condensateur des nuages et sa surface de réceptivité pluviale. C'est dire que la capacité de l'érosion superficielle et celle de l'érosion interne iront également en diminuant.

Quand surviendra le réajustement qui soulèvera le voussoir et abaissera le niveau de base, la résurgence considérée sera surélevée, délimitant ainsi un étage d'érosion interne compris entre les points d'absorption et de résurgence de la phase de faux équilibre précédente. Avec le réajustement centrifuge qui augmente l'altitude géographique du voussoir et sa capacité

(¹) E.-A. Martel, *L'évolution souterraine*, 1908, p. 85 et suiv.

condensatrice, commence un nouveau cycle d'érosion : les eaux nouvelles, plus abondantes, travaillent pour aboutir au pied nouveau de la falaise surélevée, créant ainsi une ou plusieurs canalisations nouvelles et de moindre ampleur que les canalisations supérieures, puisque celles-là n'auront écoulé que les eaux d'un cycle, alors que celles-ci auront écoulé les eaux d'au moins deux cycles.

La nouvelle résurgence atteinte, un nouvel étage d'érosion interne s'est installé sous l'étage supérieur, de sorte que ces étages, comme les terrasses, s'échelonneront de haut en bas avec des âges de plus en plus récents. D'autre part, comme nous l'avons montré dans notre récent Mémoire (¹), la surface terrestre tendant sans cesse à la régularisation absolue de ses dénivellations actuelles, on comprend qu'avec la réduction de ces dernières, se réduit synchroniquement la capacité condensatrice des hauts sommets, donc l'intensité pluviale et partant l'importance des cours d'eau superficiels et souterrains.

Si donc, comme à Mammoth Cave (²), on constate trois étages d'érosion interne successifs, c'est que le voussoir qui les contient a été réajusté au moins trois fois. Nous écrivons « au moins trois fois », car si l'on tient compte de la puissance des abrasions produites par les trois réajustements constatés, on peut admettre que les parties disparues contenaient des traces d'érosion plus anciennes. Au Tonkin, en levant au $\frac{1}{100000}$ la feuille de Pho-Binh-Gia (topographie et géologie), nous avons observé à l'ouest du poste du même nom et à 600$^{m}$ d'altitude, les restes d'un plancher stalagmitique ayant appartenu à une caverne qui s'élevait à 200$^{m}$ au-dessus de celle qui débouche actuellement en face le poste militaire qui a donné son nom à la feuille. C'est dire que le massif de calcaire ouralo-permien qui porte ces restes s'élevait bien au-dessus de ses sommets actuels (500$^{m}$ à 600$^{m}$).

M. Martel signale de nombreux restes de canalisations souterraines dont les ouvertures actuelles dominent les massifs qui les portent. Ces *engouffroirs*, comme il les appelle, représentent en quelque sorte le négatif des dykes volcaniques, dont les prééminences rocheuses nous indiquent un point de passage des évents aboutissant jadis beaucoup plus haut que leur altitude actuelle.

Dans l'érosion interne, comme dans l'érosion superficielle, il faut donc

(¹) G. Zeil, *Les mouvements de l'écorce terrestre et les tremblements de terre tectoniques*.

(²) E.-A. Martel, *Sur Mammoth Cave* (*Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 1013).

admettre des récurrences érosives dont les effets s'échelonnent de haut en bas, la plus récente étant la moins élevée, et dont la déchéance s'accentue avec le temps.

Ces conclusions déductives tirées de notre théorie ascensionnelle et celles que M. Martel a tirées de l'observation des faits étant identiques, se corroborent mutuellement et permettent, une fois de plus, de confirmer la réalité des réajustements périodiques de la lithosphère.

BACTÉRIOLOGIE. — *Influence de la nature de l'aliment carboné sur l'utilisation de l'azote par le* Bacillus subtilis. Note (¹) de M. **E. Aubel**, transmise par M. Ch. Richet.

Le *Bacillus subtilis* (²) se développe convenablement sur le milieu :

| | |
|---|---|
| Asparagine | 6$^{g}$ |
| Phosphate de potassium | 1 |
| Sulfate de manganèse | 1 |
| Eau (q. s. p.) | 1000 |

où l'asparagine représente à la fois la source de carbone et d'azote. Si, dans un tel milieu, on fait varier la source de carbone, on constate des différences marquées dans la quantité d'azote utilisée et dans le poids des récoltes. Frouin (³) avait déjà constaté que le développement est plus facile et plus abondant après adjonction de glycérine ou de glucose. Voici des résultats obtenus après 8 jours d'étuve à 37° ($NH^3$ fournie par l'asparagine, 1$^{g}$,468):

| | Acidité en soude $\frac{N}{10}$ pour 5$^{cm^3}$ de culture. | Acidité Sörensen en soude $\frac{N}{10}$ pour 5$^{cm^3}$ de culture. | Poids de $NH^3$ par litre correspondant à l'acidité Sörensen. | $NH^3$ trouvé. | $NH^3$ utilisé. | Poids des cultures par litre. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm³ | cm³ | g | g | g | g |
| Témoin non ensemencé ... | 0,7 | 2,1 | 0,784 | 0,050 | 0 | 0 |
| Témoin ensemencé ....... | +0,3 (alcalin) | 2,5 | 0,850 | 0$^{g}$,85+0$^{g}$,465 dans $PO^4NH^4Mg$ | 0,153 | 0,062 |
| Culture sur glycérine..... | 0,5 | 2,5 | 0,850 | 0,850 | 0,618 | 0,552 |
| » glucose....... | 0,3 | 3 | 1,020 | 1,003 | 0,465 | 0,24 |
| » lévulose...... | 0,6 | 2,8 | 0,952 | 0,935 | 0,533 | 0,372 |

(¹) Séance du 23 août 1920.

(²) Les souches provenaient de l'Institut d'Hygiène de Strasbourg. Elles m'ont été données par le Directeur, M. Dufourt, que je remercie.

(³) A. Frouin, *Action du sulfate de lanthane sur le développement du* Bacillus subtilis (*C. R. Soc. Biol.*, t. 74, 25 janvier 1913, p. 196).

Les poids d'ammoniaque par litre, calculés d'après l'acidité Sörensen, et les poids d'ammoniaque trouvés étant égaux, aux erreurs d'expérience près, tout l'azote de l'asparagine (azote aminé et azote amidé) a été transformé en sel ammoniacal dont une partie a été consommée par le microbe.

La glycérine donne donc un meilleur rendement que le lévulose, lui-même supérieur au glucose (¹). Mais, en réalité, ce n'est pas à la glycérine qu'il faut attribuer ces bons résultats. Celle-ci, en effet, donne dans les cultures des produits réducteurs. Parmi ces produits, et de beaucoup le plus abondant, il y a un acide, donnant la réaction de Legal, se combinant au bisulfite de soude, ce qui permet de l'isoler, la phénylhydrazine, et la *p*-nitrophénylhydrazine. Dans ce dernier cas, le produit purifié fondait à 216°. Nous pensons (des recherches en cours nous diront si cette hypothèse est exacte) qu'il s'agit d'acide pyruvique. C'est ce que confirment, à notre sens, les cultures sur pyruvate de soude à 5 pour 100, effectuées sur les conseils de M. Terroine et appartenant à la série examinée plus haut :

| | |
|---|---|
| Acidité | + 0,2 (réaction alcaline) |
| Acidité Sörensen | $1^{cm^3}$,5, soit $0^g$,510 en $NH^3$ par litre |
| $NH^3$ par litre | $0^g$,510 |
| $NH^3$ utilisé | $0^g$,958 |
| Poids des cultures par litre | $0^g$,870 |

Il est vrai que le *B. subtilis*, cultivé sur saccharose, donne, d'après Lemoigne (²), du 2.3-butylèneglycol, produit principal, et de l'acétylméthylcarbinol, qui en dérive par oxydation. Mais il paraît bien que ces produits dérivant de la dissociation du glucose ne jouent pas, vis-à-vis de cet hexose, le rôle de l'acide pyruvique vis-à-vis de la glycérine. Ils sont accumulés dans les cultures alors que l'acide pyruvique est consommé.

La fonction alcool donne des rendements inférieurs, ainsi qu'il résulte de l'analyse des ballons ensemencés sur lactate de soude à 5 pour 100 :

---

(¹) Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux publiés dernièrement par Desgrez et Bierry (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1209), qui ont montré que des rats soumis à un régime synthétique riche en albumine et en graisse par rapport au sucre perdent du poids vif et de l'azote. Si l'on abaisse l'apport en albumine et en graisse et si l'on augmente le sucre, l'équilibre azoté est rapidement atteint. Et ce rôle fonctionnel des sucres est rapidement manifesté, surtout dans le *cas du lévulose*.

(²) LEMOIGNE, *Assimilation du saccharose par les bactéries du groupe des subtilés* (*Ann. I. P.*, t. 27, p. 856).

| | |
|---|---|
| Acidité ..................... | $0^{cm^3},8$ |
| Acidité Sörensen ............. | $3^{cm^3},2$ soit $1^g,088$ en $NH^3$ par litre |
| $NH^3$ par litre ................. | $1^g,12$ |
| $NH^3$ utilisé ................... | $0^g,348$ |
| Poids de culture par litre ...... | $0^g,150$ |

Dans les conditions où nous nous sommes placé, la nature de l'aliment carboné exerce donc une influence nette sur l'utilisation de l'azote par le bacille. La source carbonée donnant les meilleurs résultats était fournie par les carbones cétoniques, puis venait le carbone aldéhydique et enfin les carbones liés directement à l'hydrogène.

D'autre part, la comparaison de l'action du glucose et du lévulose nous semble une nouvelle preuve apportée à l'appui de l'hypothèse formulée autrefois et reprise par Lindet ([1]) et plus récemment par Molliard ([2]) et Colin ([3]), suivant laquelle le lévulose serait surtout un aliment de construction.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

([1]) LINDET, *Ann. Agr.*, t. 26, 1910, p. 103.
([2]) MOLLIARD, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 1043.
([3]) H. COLIN, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 697.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 6 SEPTEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *Sur les groupements réguliers de deux minéraux différents constituant certains fers titanés.* Note (¹) de M. A. Lacroix.

La constitution des *fers titanés* a fait verser beaucoup d'encre; ces minéraux présentent de grandes variations, non seulement dans les proportions relatives du titane et du fer, mais encore dans l'état d'oxydation de ce dernier. D'après leur symétrie, ils peuvent être divisés en deux groupes : les uns, en effet, sont rhomboédriques, les autres cubiques; ils sont respectivement désignés sous les noms d'*ilménite* et de titanomagnétite.

Je m'occuperai tout d'abord du type rhomboédrique. Le composé $TiO^3Fe$, correspondant à $TiO^2$ 52,65, Fe 47,35, est rarement réalisé à l'état de pureté parfaite; cependant, la *crichtonite* de l'Oisans, la *kibdelophane* d'Hofgastein s'en rapprochent beaucoup. J'ai proposé autrefois (²) d'utiliser ce nom de crichtonite, qui est le plus ancien, pour désigner ce composé, et c'est dans ce sens qu'il sera employé plus loin. La découverte de variétés magnésiennes dans lesquelles une partie du fer est remplacée par de la magnésie (*picrocrichtonite* des gisements diamantifères de l'Afrique australe), d'un type exclusivement magnésien (*geikilite*), puis d'un autre, exclusivement manganésifère (*pyrophanite*), est venu confirmer cette formule de la crichtonite.

Mais la plupart des ilménites ont une composition plus complexe, qui

---

(¹) Séance du 30 août 1920.

(²) *Minéralogie de France et des Colonies*, t. 3, 1901, p. 235.

peut être représentée (Rammelsberg) par $TiO^3Fe.xFe^2O^3$, $x$ variant dans des limites très étendues. Le $Fe^2O^3$ est considéré comme existant soit à l'état de mélange isomorphe avec le titanate (les angles des deux minéraux sont très voisins, mais le premier est holoédrique, alors que le second est parahémiédrique), soit à l'état de solution solide; quelques auteurs ont pensé aussi à l'existence de mélanges isomorphes de $Fe^2O^3$ et de $Ti^2O^3$, bien que l'holoédrie de ces deux oxydes ne permît pas de comprendre la parahémiédrie de leur mélange éventuel.

L'étude de minerais titanifères de Madagascar m'a conduit à une interprétation nouvelle qui fait plus particulièrement l'objet de cette Note.

Plusieurs tonnes de ces minerais ont été rencontrées à la surface des leptynites d'Andongovato, entre Itrongay et Sohaninoka, et aussi à $5^{km}$ au nord-ouest d'Itrongay. Leur texture est coccolitique, c'est-à-dire qu'ils se divisent par le choc en grains polyédriques de grosseur uniforme ($0^{cm},5$ à $1^{cm},5$ de diamètre); ces grains présentent une sorte de clivage imparfait et un vague aspect fibreux, dû à leur constitution hétérogène; ils sont formés en effet par l'interpénétration, en position parallèle, de lames irrégulières de deux minéraux distincts. J'ai rencontré un échantillon brisé perpendiculairement à ce clivage et qui est resté longtemps exposé à l'air; sa surface est comme vernissée, zébrée de jaune [1] et de noir. Si l'on taille un de ces grains dans cette même direction, perpendiculaire au clivage, et qu'on la polisse, on voit apparaître alors, même sans le secours du microscope, une alternance de lames des deux minéraux composants, tous deux noirs, mais d'un noir différent; cette distinction peut être faite sans le secours du microscope, car l'un des deux minéraux prend mieux le poli que l'autre. Il est facile d'accentuer cette différence par une attaque à l'acide chlorhydrique froid qui laisse en relief le minéral le plus brillant. Celui-ci est de la crichtonite, le minéral attaqué est de l'hématite. Un traitement suffisamment prolongé par l'acide chlorhydrique chaud permet de mettre complètement en liberté la crichtonite dont la structure lamelleuse apparaît alors d'une façon fort nette.

Un examen plus approfondi des surfaces attaquées montre que les lamelles de crichtonite ne sont pas toutes rectilignes ni toujours absolument parallèles entre elles; elles sont parfois légèrement gauches, comme ployées,

(1) Ce mince enduit est constitué par de l'acide titanique, probablement un peu hydraté; il me fait penser à l'enduit blanc jaune, signalé par C.-W. Blomstrand à la surface d'une ilménite altérée et qu'il a appelé *hydroilménite* (*Minneskrift. Fys. Sällk. Lund*, 1878, n° 3, p. 4).

étirées en pointe, et ces déformations font penser à celles que l'on observe dans les roches constituées par des minéraux inégalement plastiques et qui ont été soumises aux actions mécaniques; les roches voisines présentent d'ailleurs des déformations de cet ordre. Une section parallèle à la base montre, elle aussi, que les lames de crichtonite ne sont pas continues dans toute l'étendue d'un même grain; elles forment comme des taches au milieu de la magnétite. L'analyse suivante a été faite par M. Raoult sur un fragment de densité 4,96 : $TiO^2$ 27,41; FeO 23,99; MnO 0,22; MgO 0,25; $Fe^2O^3$ 47,95 = 99,82. Cette composition correspond à 47,95 d'hématite et 51,87 pour 100 de crichtonite.

Les faits qui viennent d'être exposés font donc voir que *dans les cas étudiés,* contrairement aux idées admises, le sesquioxyde de fer n'existe dans le titanate ni à l'état de mélange isomorphe ni à celui de solution solide; il constitue une association géométrique régulière, à axes parallèles, de deux minéraux différents, qui, malgré leur analogie de forme, ne constituent pas des cristaux zonés, mais des groupements qui peuvent être comparés à la *perthite* des feldspaths potassiques et de l'albite, à celle des pyroxènes monocliniques et rhombiques, à celle de la graftonite et de la triphylite, avec cette différence toutefois que les deux composants possèdent le même système cristallin.

Il sera nécessaire de rechercher dans quelle mesure une telle conclusion peut être généralisée. Les quelques cristaux d'ilménite du gisement originel de Miask, dans l'Ilmen, ($TiO^2$ = 45 à 48 pour 100) ne m'ont rien présenté de semblable; ils semblent homogènes. Par contre, deux fers titanés, moins riches en titane, d'autres gisements m'ont fourni des résultats concordants avec ceux décrits plus haut. Dans la *washingtonite* de Litchfield (Maine), renfermant de 22 à 24 pour 100 de $TiO^2$, l'analogie avec le minéral malgache est très grande, sous cette réserve que les lames de crichtonite sont plus fines, plus serrées, à bords rectilignes, ce qui concorde avec l'interprétation donnée plus haut, car le minéral constitue des cristaux très réguliers qui n'ont subi aucune déformation mécanique. Dans des cristaux de Snarum (Norvège), ne renfermant que 6 à 10 pour 100 de $TiO^2$, les lames de crichtonite, au contraire, sont très clairsemées.

Il paraît donc probable, mais ceci demande des recherches plus complètes, que tant que dans un fer titané rhomboédrique renfermant du sesquioxyde de fer, la proportion du titane est très élevée, il se produit des cristaux homogènes à forme de crichtonite, puis, lorsque la composition s'approche de l'égalité entre les deux composants, chacun d'eux s'indivi-

dualise pour former une perthite; dans les cas étudiés, l'édifice extérieur prend la forme de l'hématite; la combinaison $a^1 e^2 d^1 p$ de la washingtonite n'a jamais été trouvée, à ma connaissance, dans des fers titanés riches en titane et, par contre, elle n'est pas très rare dans l'hématite pure. Au point de vue de la nomenclature, on pourrait, au moins provisoirement, réserver le nom d'*ilménite* aux types homogènes, et, puisque le nom existe, désigner sous la qualification de *washingtonite* les associations perthitiques qui font l'objet de cette Note. Leur densité croît en raison inverse de la proportion de titane et en même temps leur poussière tire de plus en plus du noir franc de la crichtonite au brun rouge foncé.

Restent maintenant les fers titanés octaédriques. La structure hétérogène de *certains* d'entre eux a déjà été mise en évidence; ceux-ci constituent des groupements de crichtonite et de magnétite; observés d'abord sur des cristaux distincts, ils ont été retrouvés ensuite, par l'examen microscopique, dans le fer titané de roches basiques et, plus récemment, par des procédés métallographiques, dans des minerais ([1]). Dans tous les cas, ces groupements se font suivant la loi observée jadis dans ceux de magnétite et de magnésioferrite; des lames de crichtonite sont disposées parallèlement aux faces de l'octaèdre de la magnétite, de telle sorte que les deux minéraux ont un axe ternaire en coïncidence et qu'en outre un axe binaire de l'un soit en coïncidence avec un axe trapézoédrique de l'autre.

J'ai rencontré, avec une très grande fréquence, les groupements de ce genre dans les gneiss et dans les pegmatites, les gabbros de Madagascar; tantôt la magnétite y domine (Ianakafy, en amont de Benenitra, par exemple), tantôt, au contraire, c'est l'inverse qui a lieu (Vangoa, dans le Betsiriry). Mais les minéraux malgaches possèdent parfois la particularité de présenter ces associations visibles naturellement, grâce à des corrosions qui ont rongé la magnétite et laissé en relief les lames de crichtonite avec une délicatesse très supérieure à celle que l'on peut obtenir dans le laboratoire avec le concours des acides. Les blocs sans contours géométriques des environs de Sahaninoka pour de telles associations à grands éléments, les éluvions des pegmatites à bastnaésite de la vallée de l'Imorona pour de gros octaèdres à faces nettes, peuvent être cités comme exemple.

L'étude de ces associations m'a suggéré une comparaison avec la struc-

---

([1]) Singewald, *The titaniferous iron ores in the United States their composition and economic value* (*Bureau of Mines, Washington*, Bull. n° 64, 1913). Dans ce Mémoire se trouve la bibliographie de la question sur laquelle il me paraît inutile de revenir plus longuement.

ture de certains fers météoriques; quand, dans un de ces groupements de magnétite et de crichtonite, le réseau de ce dernier minéral est continu, les figures obtenues dans les sections perpendiculaires à un axe ternaire ou quaternaire sont en tous points identiques aux figures de Widmanstätten des fers météoriques, dits *octaédriques*. La crichtonite joue le rôle de la kamacite et de la tænite, la magnétite celui de la plessite. Par analogie, il est donc permis de se demander si tous les constituants des fers météoriques sont véritablement cubiques, comme on l'admet actuellement, sans autre raison, semble-t-il, que leur existence dans des assemblages réglés par la symétrie de l'octaèdre. L'exemple qui vient d'être décrit montre que cette raison n'est ni nécessaire, ni suffisante; la kamacite et la tænite pourraient être rhomboédriques, la plessite leur fournissant le substratum octaédrique.

Pour en revenir aux fers titanés octaédriques, à structure complexe, on voit qu'il n'est pas légitime de les appeler *titanomagnétites;* il faut parler d'associations perthitiques de type octaédrique de crichtonite et de magnétite. Il semble bien, d'ailleurs, qu'il existe de véritables titanomagnétites, les octaèdres à cassure vitreuse, les basaltes d'Auvergne et de Madagascar paraissant, en effet, homogènes.

En terminant, il me reste à signaler un dernier fait intéressant.

Dans l'Imorona, les gros octaèdres de magnétite renferment parfois, couchés dans des plans octaédriques, des aiguilles de rutile d'un brun rouge; il est possible de démontrer qu'il ne s'agit pas là d'une orientation primaire, ces cristaux de rutile résultent de la transformation secondaire de la crichtonite dont il vient d'être question.

NAVIGATION. — *Sur un petit sous-marin destiné aux travaux océanographiques.* Note de M. **Maxime Laubeuf.**

On ne se figure pas, en général, le sous-marin autrement que comme navire de guerre. Nous croyons intéressant de signaler que des sous-marins peuvent être utilisés à des travaux pacifiques.

Un *tonneau-plongeur* de l'Anglais Lethbridge a été employé, dès 1715, au sauvetage d'épaves.

L'*Explorateur sous-marin* de de Collonge a fait l'objet d'une Communication à l'Académie des Sciences en 1855. Ce n'est pas un véritable sous-marin, parce qu'il reste en communication avec la surface au moyen d'un tube.

L'*Observatoire sous-marin* de Bazin, construit dans le but de rechercher les épaves des galions de Vigo, a été expérimenté en 1865.

La *Taupe marine* de Toselli (1872), la *Boule nautique* de Balsamello (1889) étaient comme les précédents, dans l'impossibilité de se mouvoir par eux-mêmes et restaient suspendus par des cordages.

Au contraire, le *Travailleur sous-marin* de Piatti dal Pozzo, expérimenté en 1897, en forme de sphère, comme la *Boule* de Balsamello, possédait trois hélices et un gouvernail. De même le *Travailleur* de Pino, en forme d'ellipsoïde, de $5^m$ de grand axe, $3^m$ de petit axe, possède deux petites hélices latérales (1903).

Tous ces engins étaient destinés à la recherche des épaves.

L'abbé Raoul a fait construire vers 1903 un petit sous-marin pour la pêche des éponges sur les côtes de Tunisie.

Je viens aujourd'hui présenter les données d'un avant-projet de petit sous-marin que j'avais étudié en 1907 pour les travaux océanographiques.

PETIT SOUS-MARIN DESTINÉ A L'OCÉANOGRAPHIE.

(*Avant-projet dressé en* 1907.)

L'exploration des couches d'eau sous-marines ne se fait actuellement que d'une façon indirecte.

Nous pensons qu'on peut procéder à l'exploration directe, jusqu'à une profondeur de $80^m$ à $100^m$ au moyen d'un bâtiment sous-marin, de petites dimensions, spécialement construit pour cet emploi.

I. Description du batiment. — Le sous-marin aurait les dimensions suivantes :

| | |
|---|---|
| Longueur | $18^m,80$ |
| Diamètre | $2^m,30$ |
| Déplacement | $50^{tx}$ environ |

La coque est de révolution, toutes les sections étant circulaires. La membrure et le bordé sont calculés de façon à résister avec sécurité à la pression qui correspond à une hauteur de $80^m$ ou $100^m$ d'eau de mer.

Des précautions spéciales seront prises pour assurer l'étanchéité de toutes les ouvertures faites dans la carène, même en cas d'accident : par exemple en cas de rupture d'une tige de thermomètre, un bouchon à vis sera tout préparé pour obstruer l'ouverture.

Pour les hublots, une tape métallique, serrée par des écrous à oreilles sera desserrée doucement; si le hublot en verre (glace de Saint-Gobain de $40^{mm}$ d'épaisseur) était cassé, ou seulement fendu, on verrait passer l'eau. Dans ce cas, on resserrerait la tape et l'on n'utiliserait pas ce hublot.

Le sous-marin sera muni de deux quilles lui permettant de bien s'asseoir sur le fond.

Afin de pouvoir opérer dans les mers à marée sans être trop gêné par les courants, le sous-marin est pourvu de moyens de propulsion par accumulateurs et moteur électrique.

Les accumulateurs, au nombre de 43, pèsent 188$^{kg}$ chacun. Le moteur peut donner une puissance effective de 50 chevaux environ à 420 tours, sous 80 volts.

Dans ces conditions, la vitesse maximum du sous-marin serait d'environ 6 nœuds à la surface, 4$^{n}$, 75 en plongée.

Son rayon d'action à demi-vitesse serait de :

60 milles à 3 nœuds à la surface;

50 milles à 2$^{n}$, 50 en plongée.

Outre les tableaux de manœuvres, rhéostats, etc., destinés au fonctionnement du moteur et des accumulateurs, les appareils suivants seraient placés sur le bateau :

Une pompe centrifuge de 30$^{t}$ mue par le moteur principal.

Une pompe à piston de 3000$^{l}$ pouvant refouler à la pression de 10$^{kg}$ avec moteur électrique.

Un périscope pour la vision en marche à la surface, par mer agitée empêchant de se placer sur le brise-lames.

Cet appareil est indispensable pour que le sous-marin puisse retrouver son convoyeur en remontant.

Deux treuils à bras : un pour le grappin, un pour le poids arrière.

Deux réservoirs d'air comprimé (environ 150$^{l}$ à 120$^{kg}$).

Un ventilateur électrique, nécessaire pour aérer le sous-marin pendant le rechargement des accumulateurs.

Un compas.

Un téléphone.

Eclairage électrique (environ 12 lampes de 10 bougies, 80 volts).

Les trois caisses de réglage de l'assiette et de la flottabilité.

Un grappin de 80$^{kg}$ et 160$^{m}$ de câbles en fil d'acier.

Un poids en plomb de 80$^{kg}$ et 160$^{m}$ de câble en fil d'acier.

II. Réglage de la profondeur. — Les opérations seraient possibles jusqu'à la profondeur de 80$^{m}$ à 100$^{m}$. De plus, on pourrait les faire à des profondeurs bien réglées à volonté, par exemple de 10$^{m}$ en 10$^{m}$ ou de 5$^{m}$ en 5$^{m}$.

Pour cela, un treuil à l'avant et un treuil à l'arrière servent à lever ou à amener le grappin de 80$^{kg}$ à l'avant, le poids de 80$^{kg}$ à l'arrière.

En donnant au sous-marin une flottabilité positive de $50^{kg}$ à $60^{kg}$, on mettra au fond le grappin et le poids et l'on enroulera sur les treuils la quantité de fil nécessaire pour tenir le sous-marin à la profondeur désirée.

Cette profondeur sera lue sur un manomètre spécial à grand cadran, gradué en mètres d'eau de mer de 0 à 80 et qui peut donner la profondeur à $0^m,20$ près.

III. Opérations océanographiques. — 1° *Prise d'échantillon de la couche superficielle du fond.* — Un appareil analogue aux dragues dites dragues à mâchoires passerait dans un presse-étoupe au travers d'un couvercle. Quand on aurait pris l'échantillon, on relèverait l'appareil qui se logerait dans l'espace compris entre la vanne et le couvercle formant sas et l'on fermerait la vanne; on pourrait alors ouvrir une porte latérale et retirer l'échantillon.

2° *Prise d'échantillon des couches du fond.* — Un tube analogue aux tubes employés pour des sondages à terre, tube terminé par une denture, serait enfoncé en le tournant comme une tarière. Les échantillons des diverses couches se logeront à l'intérieur du tube en se superposant. On pourrait ensuite le retirer.

Ce tube serait logé dans le même système de sas que l'appareil précédent.

3° *Prise d'échantillon d'eau.* — Cet échantillon serait pris *in situ*, ce qui est un grand avantage pour l'étude de la densité, de la salinité, de la température, etc.

Il serait prélevé au moyen d'un petit robinet en bronze placé à la partie supérieure de la carène, de manière à ne pas pouvoir être bouché par la vase du fond et à pouvoir être nettoyé, car il serait hors de l'eau quand le sous-marin serait à sa position d'émergence.

4° *Température.* — La température serait prise au moyen de thermomètres dont la boule se trouverait dans des poches placées sur la carène, et dont la tige traverserait un presse-étoupe.

Du fait qu'une partie de l'instrument est à l'intérieur et qu'il touche la coque, il y aura sans doute une correction à faire. Une table de correction pourra être établie à l'avance.

Il y aurait plusieurs poches permettant de prendre la température à des distances variables du fond, soit par exemple $1^m$, $1^m,75$, $2^m,50$.

5° *Transparence de l'eau. Intensité de la lumière à différentes profondeurs.* — Un hublot supérieur permettrait de faire, au moyen d'appareils à plaques sensibles, la mesure de la transparence de l'eau et de l'intensité de la lumière.

6° *Observation directe du fond.* — Un ou plusieurs autres hublots placés

à la partie inférieure permettraient, au moyen d'un fort réflecteur avec lampes à incandescence, de voir directement le fond.

7° *Direction et vitesse des courants.* — Une sorte de girouette placée à l'avant sur la partie supérieure indiquerait la direction du courant. Un hublot permettrait de voir la queue de la girouette et de repérer cette direction par rapport au compas.

Un loch à moulinet Fleuriais donnerait la vitesse du courant.

8° *Récolte du plankton.* — Un robinet spécial et une caisse de 250$^l$ permettraient le tamisage de la quantité d'eau qu'on voudra sur le filet fin de soie à bluter, pour la récolte du plankton *in situ.* L'eau de la caisse serait refoulée au dehors par la pompe électrique. Cette opération serait facile à faire, étant sur le fond. Pour la faire à diverses hauteurs, de façon à avoir le plankton *in situ*, il faudrait évacuer l'eau par la pompe au fur et à mesure, sans lui laisser le temps de remplir la caisse, pour ne pas troubler l'équilibre. Un compteur de tours placé sur la pompe, dont le débit sera préalablement contrôlé, donnerait la mesure du volume d'eau tamisé.

Sans doute on pourra ajouter à ces opérations d'autres observations et mesures. Je n'ai indiqué que les principales.

Une partie des opérations pourrait, comme je l'ai dit, se faire à des profondeurs variables.

*Prix.* — Le prix d'un tel bâtiment, coque, moteur, accumulateurs, avec tous les appareils auxiliaires, les frais d'essais, mais sans compter les appareils océanographiques : thermomètres, manomètres, etc., pouvait être évalué à 190000$^{fr}$ au moment où le projet a été dressé, en 1907. Il faudrait maintenant compter au moins 600000$^{fr}$, et ce prix semble bien élevé.

Peut-être pourrait-on le réduire en diminuant le nombre d'accumulateurs et la puissance du moteur, et par suite le déplacement du bateau.

Je pense qu'un bâtiment de ce genre permettrait d'obtenir des résultats importants pour l'étude si intéressante des fonds marins dans la région comprise entre la surface et la profondeur de 80$^m$ à 100$^m$. Cette région, au point de vue pratique, est la plus importante puisque c'est celle où se fait la pêche.

## CORRESPONDANCE.

M. A. **Maublanc** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Table de caractéristiques de base* 30030, donnant d'un seul coup d'œil les facteurs premiers des nombres premiers avec 30030 et inférieurs à 901800900, par Ernest Lebon. Tome I, premier fascicule : Tableau $I.I' = Bk + 1$. Table des caractéristiques $K < 30030$, K variant de 1 à 4680.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hypercylindriques.* Note de M. **Pierre Humbert.**

I. Soit, dans l'espace à quatre dimensions, le changement de variables

$$\begin{aligned} x &= \rho \sin\theta \sin\psi, \\ y &= \rho \sin\theta \cos\psi, \\ z &= \rho \cos\theta, \\ t &= t, \end{aligned}$$

où les hypersurfaces $\rho =$ const. sont des hypercylindres parallèles à l'axe des $t$, ayant pour base dans l'espace des $xyz$ la sphère $x^2+y^2+z^2=\rho^2$. L'équation de Laplace $\Delta U = 0$ s'écrira dans ce nouveau système

$$\frac{\partial^2 U}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2 U}{\partial \theta^2} + \frac{1}{\rho^2 \sin^2\theta}\frac{\partial^2 U}{\partial \psi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + \frac{2}{\rho}\frac{\partial U}{\partial \rho} + \frac{\cot\theta}{\rho^2}\frac{\partial U}{\partial \theta} = 0.$$

On pourra y satisfaire en posant

$$U = e^{\mu t} \cos\nu\psi \, V(\rho, \theta),$$

la fonction V à deux variables, que nous appellerons *fonction de l'hypercylindre sphérique* ou plus simplement *fonction hypercylindrique*, étant solution de l'équation

$$\frac{\partial^2 V}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2 V}{\partial \theta^2} + \frac{2}{\rho}\frac{\partial V}{\partial \rho} + \frac{\cot\theta}{\rho^2}\frac{\partial V}{\partial \theta} + \mu^2 V - \frac{\nu^2}{\rho^2\sin^2\theta} V = 0,$$

ou, en posant $\cos\theta = \omega$,

$$(1) \qquad \rho^2 \frac{\partial^2 V}{\partial \rho^2} + (1-\omega^2)\frac{\partial^2 V}{\partial \omega^2} + 2\rho\frac{\partial V}{\partial \rho} - 2\omega\frac{\partial V}{\partial \omega} + \mu^2\rho^2 V - \frac{\nu^2}{1-\omega^2} V = 0.$$

En faisant $\nu = 0$, nous aurons l'équation à laquelle doit satisfaire la

fonction hypercylindrique zonale, $V'(\rho, \omega)$,

$$(2) \qquad \rho^2 \frac{\partial^2 V'}{\partial \rho^2} + (1-\omega^2)\frac{\partial^2 V'}{\partial \omega^2} + 2\rho \frac{\partial V'}{\partial \rho} - 2\omega \frac{\partial V'}{\partial \omega} + \mu^2 \rho^2 V' = 0,$$

dont nous allons nous occuper tout d'abord.

II. Dans la fonction hypergéométrique à deux variables de M. Appell

$$F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta', \gamma, x, y) = \sum_m \sum_n \frac{(\alpha, m)(\alpha', n)(\beta, m)(\beta', n)}{(\gamma, m+n)} \frac{x^m y^n}{m!\, n!},$$

faisons $\alpha' = \beta' = M$, remplaçons $y$ par $\frac{y}{M^2}$, puis faisons tendre M vers l'infini. Nous obtenons à la limite une nouvelle fonction

$$G(\alpha, \beta, \gamma, x, y) = \sum_m \sum_n \frac{(\alpha, m)(\beta, m)}{(\gamma, m+n)} \frac{x^m y^n}{m!\, n!}$$

qui satisfait aux deux équations simultanées

$$x(1-x)r + ys + [\gamma - (\alpha+\beta+1)x]p - \alpha\beta z = 0,$$
$$yt + xs + \gamma q - z = 0,$$

et, par conséquent, à l'équation unique obtenue en éliminant $s$. Or, si dans cette équation on fait le changement de variables et de fonction

$$x = \frac{1}{\xi^2}, \qquad y = \lambda \eta^2, \qquad z = \xi\zeta,$$

et que l'on donne aux paramètres les valeurs suivantes

$$\alpha = 1, \qquad \beta = \frac{1}{2}, \qquad \gamma = \frac{3}{2},$$

on obtient l'équation

$$(1-\xi^2)\frac{\partial^2 \zeta}{\partial \xi^2} + \eta^2 \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \eta^2} + 2\eta \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} - 2\xi \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} - 4\lambda \eta^2 \zeta = 0,$$

identique à l'équation (2) si l'on prend $\lambda = -\frac{\mu^2}{4}$. La fonction

$$V'(\rho, \theta) = \frac{1}{\cos\theta} G\left(1, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{1}{\cos^2\theta}, -\frac{\mu^2\rho^2}{4}\right)$$

est donc une fonction hypercylindrique zonale.

III. On reconnaîtra sans peine que si l'on connaît une solution V' de l'équation (2), on obtiendra une solution V de (1) par

$$V(\rho, \omega) = (1-\omega^2)^{\frac{\nu}{2}} \frac{\partial^\nu V'}{\partial \omega^\nu}.$$

Une fonction hypercylindrique complète sera donc

$$V = \sin^\nu\theta \frac{\partial^\nu}{\partial(\cos\theta)^\nu}\left[\frac{1}{\cos\theta} G\left(1, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{1}{\cos^2\theta}, -\frac{\mu^2\rho^2}{4}\right)\right],$$

expression qu'il est très facile de simplifier. On a en effet, en posant pour abréger $-\frac{\mu^2\rho^2}{4} = u$,

$$V' = \sum_m \sum_n \frac{\left(\frac{1}{2}, m\right)}{\left(\frac{3}{2}, m+n\right)} \frac{1}{\omega^{2m+1}} \frac{u^n}{n!}$$

et

$$\frac{\partial^\nu V'}{\partial\omega^\nu} = (-1)^\nu \sum_m \sum_n \frac{\left(\frac{1}{2}, n\right)(2m+1, \nu)}{\left(\frac{3}{2}, m+n\right)} \frac{1}{\omega^{2m+\nu+1}} \frac{u^n}{n!}.$$

Par un calcul simple, on pourra mettre cette expression sous la forme

$$\frac{\partial^\nu V'}{\partial\omega^\nu} = (-1)^\nu \frac{\nu!}{\omega^{\nu+1}} \sum_m \sum_n \frac{\left(\frac{\nu}{2}+1, m\right)\left(\frac{\nu}{2}+\frac{1}{2}, m\right)}{\left(\frac{3}{2}, m+n\right) m!} \frac{1}{\omega^{2m}} \frac{u^n}{n!}$$

$$= (-1)^\nu \frac{\nu!}{\omega^{\nu+1}} G\left(\frac{\nu}{2}+1, \frac{\nu}{2}+\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{1}{\omega^2}, u\right),$$

ce qui montre que la fonction

$$V(\rho, \theta) = \frac{\tan^\nu\theta}{\cos\theta} G\left(\frac{\nu}{2}+1, \frac{\nu}{2}+\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{1}{\cos^2\theta}, -\frac{\mu^2\rho^2}{4}\right)$$

est une fonction hypercylindrique, ou encore que l'équation de Laplace, où l'on fait le changement de variables indiqué au début, admet des solutions de la forme

$$U = e^{\mu t} \cos\nu\psi \frac{\tan^\nu\theta}{\cos\theta} G\left(\frac{\nu}{2}+1, \frac{\nu}{2}+\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, 1+\tan^2\theta, -\frac{\mu^2\rho^2}{4}\right).$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations de la nouvelle étoile du Cygne faites au photomètre hétérochrome de l'Observatoire de Paris.* Note [1] de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Bigourdan.

Malgré le temps généralement défavorable la semaine dernière nous avons pu faire un certain nombre d'observations de la Nova du Cygne dans les

---

[1] Séance du 30 août 1920.

nuits du 26 au 27, du 27 au 28 et du 29 au 30 août au photomètre hétérochrome de l'Observatoire. C'est à notre connaissance la première fois qu'on étudie la répartition quantitative de l'intensité dans le spectre visuel d'une Nova.

Rappelons que dans cet appareil le rapport des intensités de l'astre étudié et d'une étoile connue est mesuré dans diverses régions du spectre en égalisant au moyen de nicols l'éclat de l'étoile considérée et celui d'une étoile artificielle observées simultanément à travers un écran coloré. Celui-ci ne laisse passer qu'une partie de leur spectre concentrée en une image punctiforme. Rappelons également que nous utilisons actuellement trois écrans colorés dont j'ai donné naguère la composition (¹) et qui laissent passer respectivement chacun un des tiers du spectre visible : l'un la partie comprise entre $\lambda = 0^{\mu},59$ et $0^{\mu},49$, le second la partie située entre $0^{\mu},59$ et le rouge extrême et le troisième la partie située entre $0^{\mu},49$ et le violet extrême.

Le nombre total des pointés photométriques effectués le 26, le 27 et le 29 août est de 265. Ceux du 26 réalisés pendant une courte éclaircie ont permis seulement, la Polaire servant d'étoile de comparaison, d'établir que cette nuit-là vers $22^{h}$ (t. s.) la Nova avait un éclat inférieur d'environ $0^{gr},17$, ce qui conduit à lui attribuer alors la grandeur stellaire $2^{gr},29$. Le temps nuageux et la difficulté d'observer dans une éclaircie donnent quelque incertitude à ce résultat.

Voici maintenant les résultats des observations faites dans les nuits du 27 au 28 et du 29 au 30 août. On a pris comme étoile de comparaison $\gamma$ Cygne qui est voisine de la Nova et qui offre cette particularité que sa température effective déterminée par nous, puis par M. Rosenberg (²), a fourni des nombres très concordants (5620° pour Nordmann, 5100° pour Rosenberg).

Dans le Tableau ci-après, les colonnes B, V, R et B*l* représentent respectivement le demi-logarithme du rapport des intensités de $\gamma$ Cygne et de la Nova observées à travers les écrans bleu, vert, rouge et blanc (c'est-à-dire en lumière globale) de l'appareil, d'après la moyenne des pointés faits aux dates indiquées. On a également indiqué l'heure sidérale moyenne des observations : Pour exprimer ces rapports d'intensités en différences de grandeurs stellaires, il suffit de multiplier par 5 (formule de Dogton) les demi-logarithmes indiqués dans ce Tableau :

---

(¹) Voir *Bulletin astronomique*, février 1909, etc.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1355.

| Date. | Heure (t. s.). | B. | V. | R. | Bl. | R—B. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nuit du 27 au 28 août.... | 20h30 | 0,201 | 0,209 | 0,227 | 0,222 | 0,026 |
| Nuit du 29 au 30 août.... | 21h | 0,235 | 0,300 | 0,305 | 0,338 | 0,070 |

La comparaison des chiffres de ce Tableau, qui synthétise les résultats des observations, permet d'en tirer les conclusions suivantes :

1° La grandeur stellaire de γ Cygne étant 2,32 (d'après Harvard, *Revised Photometry*), on voit que la grandeur stellaire de la Nova était, le 27 août au soir, 3,43, et le 29 août au soir, 4,01 (l'erreur probable des déterminations est, comme je l'ai indiqué jadis, d'environ $\pm 0^{gr},05$). Il s'ensuit que la Nova est dès maintenant assez rapidement décroissante.

2° Si l'on adopte pour γ Cygne la *température effective* de 5620° (rappelons que cette température est celle d'un radiateur intégral qui émettrait un rayonnement réparti comme celui de l'astre considéré), on trouve, d'après les valeurs de R—B, et en appliquant la loi de Planck, que la *température effective* de la Nova était le 27 août au soir d'environ 6100° et le lendemain d'environ 7800°. Quelle que puisse être la différence sur laquelle nous avons insisté récemment, entre la *température effective* d'un astre et la température réelle de sa photosphère, ces températures effectives relativement faibles et notablement inférieures à celles des étoiles à hydrogène et des étoiles à hélium semblent difficilement conciliables avec certaines des théories des Novæ et notamment avec celles qui les attribuent à la collision de deux étoiles obscures.

3° Il est un autre fait au premier abord inattendu, c'est que la *température effective* de l'étoile a augmenté du 27 au 29 août d'une quantité notablement supérieure aux erreurs possibles d'observation, tandis qu'en même temps l'éclat apparent de l'étoile diminuait d'au moins une demi-grandeur. *A priori* on se serait attendu à voir les fluctuations de l'éclat suivre celles de la *température effective*. L'interprétation du fait que le contraire a lieu doit pour l'instant être réservée. Peut-être en trouvera-t-on l'explication, en admettant, conformément aux théories des Novæ proposées par Huggins et par M. Deslandres, que l'évolution de la Nova l'entoure d'une masse atmosphérique croissante, c'est-à-dire de plus en plus absorbante.

ASTRONOMIE. — *Premières observations de la Nova Denning faites à l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **H. Grouiller**, transmise par M. B. Baillaud.

Un télégramme de MM. Dyson et Lecointe est parvenu à l'Observatoire de Lyon le 22 août 1920, signalant la découverte, par M. Denning, d'une

étoile nouvelle d'environ 3^e grandeur et occupant la position approchée

$$\alpha = 19^h 56^m, \qquad \delta = 53°,5.$$

Le soir même, j'examinai le ciel dans la région indiquée, j'identifiai la Nova et je dressai la carte de la région environnante; un voile de stratus, survenant brusquement, vint rendre pour la nuit entière toute estimation précise impossible : j'ai pu noter seulement que l'éclat de cette nouvelle étoile était encore, alors, d'environ 3^e grandeur.

Le lendemain, 23 août, j'ai commencé les observations précises et je donne, ci-dessous, les résultats de 20 estimations par la méthode d'Argelander, que nous avons effectuées depuis cette date, M^lle E. Bellemin et moi.

Les étoiles auxquelles nous avons comparé la Nova sont : $\alpha$ Cygne, $\alpha$ Petite Ourse, $\gamma$ Cygne, $\varepsilon$ Cygne, $\delta$ Cygne, $\gamma$ Lyre et $\eta$ Céphée. Les éclats adoptés pour ces étoiles de comparaison sont ceux de la *Connaissance des Temps*.

Observateurs. { H. Grouiller ............... G
M^lle E. Bellemin ............ B

| Date (1920). | Temps moyen de Greenwich. | Grandeur. | Notes. | Observateurs. |
|---|---|---|---|---|
| | h m | m | | |
| 23 août...... | 8.10 | 2,0 | La Lune gêne les comparaisons. | G |
| » ...... | 8.22 | 2,0 | | B |
| » ...... | 8.50 | 2,0 | | B |
| » ...... | 9.40 | 2,0 | | B |
| » ...... | 10. 9 | 2,0 | | B |
| » ...... | 11.22 | 2,1 | | G |
| 24 août...... | 10.40 | 1,9 | Ciel très nuageux au début de la séance d'observation. | G |
| » ...... | 13. 0 | 1,9 | | G |
| 25 août...... | 8.42 | 2,3 | La Lune, la brume et des cirrus gênent l'observation. | G |
| » ...... | 12. 7 | 2,4 | | G |
| 26 août...... | 8. 7 | 2,9 | La Lune gêne les comparaisons. | G |
| » ...... | 9.30 | 2,8 | | G |
| » ...... | 10.32 | 2,8 | | B |
| » ...... | 12.39 | 2,9 | | G |
| 27 août...... | 8.30 | 3,3 | La Lune gêne les comparaisons. | G |
| » ...... | 8.53 | 3,2 | | B |
| » ...... | 9.56 | 3,2 | | B |
| » ...... | 10.15 | 3,3 | | B |
| » ...... | 12.30 | 3,3 | | G |

Il résulte de ces observations que l'éclat de la Nova a augmenté jusqu'au

24 août; il a passé par un maximum vers cette date, puis il a commencé à décroître régulièrement et assez rapidement.

Le 23 août, à l'œil nu, la nouvelle étoile paraissait très blanche : sa coloration était intermédiaire entre celle de $\alpha$ Cygne, qui était plus bleue, et $\gamma$ Cygne, plus jaune. A l'équatorial coudé de $32^{cm}$ d'ouverture elle présentait une teinte nettement bleuâtre. Les 26 et 27 août, cette coloration bleue a paru s'être atténuée et, à l'œil nu, la Nova a présenté l'aspect d'une étoile blanche légèrement verdâtre.

Un nouveau télégramme de MM. Fischer-Pétersen et Lecointe, parvenu le 23 août à l'Observatoire de Lyon, a donné pour les coordonnées apparentes précises de la Nova, le 21 août à $12^h$, temps moyen de Copenhague :

$$\alpha = 19^h 56^m 28^s,1, \qquad \delta = 53^\circ 24' 27''.$$

Cette position, reportée sur l'atlas de Dien, après l'avoir ramenée à 1860, place la Nova dans la constellation du Cygne. Elle est d'ailleurs facile à identifier, à l'œil nu, car elle forme le quatrième sommet d'un parallélogramme à peine déformé, dont les trois autres sommets sont les étoiles $\alpha$, $\gamma$ et $\delta$ de la Croix du Cygne.

Enfin M^lle^ C. Bac, à l'aide de quatre observations effectuées au cercle méridien Eichens de $14^{cm}$ d'ouverture, a déterminé pour 1920, janvier 0, la position moyenne suivante :

$$\alpha = 19^h 56^m 24^s,56 \pm 0^s,01, \qquad \delta = 53^\circ 24' 16'',0 \pm 0'',1.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1920. Note de **M. J. Guillaume**, transmise par M. B. Baillaud.

Les observations dans ce trimestre se répartissent sur 68 jours (¹) et l'on en déduit les principaux faits qui suivent :

*Taches.* — Le nombre des groupes enregistrés est le même que précédemment (²), soit 50; mais, par suite de la formation de deux groupes importants, la surface tachée a augmenté d'environ un tiers et au total on a 5303 millionièmes au lieu de 3951.

Les deux groupes qui viennent d'être mentionnés ont été *visibles à l'œil nu;* le premier avait une longueur de 27° en longitude héliographique et la durée de son passage au méridien central a été de deux jours; le deuxième, avec les taches voisines à

---

(¹) M^lle^ Gauthier a largement participé aux observations de ce trimestre.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 723.

la même latitude, couvrait 42° de longitude et le passage de l'ensemble au même méridien a duré 3,2 jours.

La latitude moyenne des taches s'est rapprochée de l'équateur, au Sud, à — 10°,9 au lieu de — 13°,5 et au Nord elle est restée la même, à + 10°,3.

Les changements survenus dans leur répartition sont de 4 groupes en plus dans l'hémisphère austral (28 au lieu de 24) et de 4 groupes en moins dans l'hémisphère boréal (22 au lieu de 26).

*Régions d'activité.* — On a noté 109 groupes de facules avec une aire totale de 122,5 millièmes, au lieu de 93 groupes et 93,9 millièmes.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, il y a 6 groupes en plus au Sud (56 au lieu de 50) et 10 groupes, en plus également, au Nord (53 au lieu de 43).

Tableau I. — *Taches.*

| Dates extrêmes d'observ. | Nombre d'observations. | Pass. au mér. central. | Latitudes moyennes. S. | Latitudes moyennes. N. | Surfaces moyennes réduites. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Janvier 1920. — 0,00. | | | |
| 26- 3 | 6 | 1,9 | — 4 | | 127 |
| 30 | 1 | 3,0 | | + 2 | 2 |
| 31 | 1 | 3,3 | — 8 | | 4 |
| 10 | 1 | 9,9 | | + 5 | 3 |
| 9-16 | 7 | 14,0 | | +13 | 60 |
| 9-19 | 9 | 14,5 | | +11 | 31 |
| 9-20 | 10 | 14,8 | —15 | | 104 |
| 14-16 | 3 | 15,7 | —16 | | 4 |
| 12-22 | 9 | 17,3 | | + 3 | 189 |
| 17 | 1 | 21,6 | | +12 | 6 |
| 20-28 | 8 | 23,4 | —18 | | 346 |
| 19-24 | 4 | 24,2 | | + 7 | 7 |
| 22-24 | 3 | 24,9 | | +17 | 9 |
| 22- 3 | 11 | 28,0 | — 6 | | 1017 |
| | 19 j. | | —11°,2 | + 8°,8 | |
| | | Février. — 0,00. | | | |
| 5 | 1 | 4,1 | | + 7 | 21 |
| 7 | 1 | 6,5 | | + 5 | 3 |
| 3- 4 | 2 | 7,1 | — 8 | | 11 |
| 3-12 | 9 | 7,4 | —16 | | 70 |
| 8-10 | 3 | 11,3 | | +12 | 25 |
| 11-19 | 9 | 13,9 | | + 5 | 201 |
| 9-19 | 11 | 15,4 | | + 5 | 104 |
| 11-14 | 4 | 16,4 | —21 | | 20 |
| 23 | 1 | 17,7 | | +13 | 33 |
| 12-23 | 10 | 18,4 | — 7 | | 50 |
| 14-21 | 7 | 18,6 | | +20 | 46 |
| 13-25 | 11 | 19,8 | —18 | | 101 |
| | | Février (suite). | | | |
| 14-25 | 10 | 20,2 | | + 6 | 61 |
| 18-28 | 9 | 22,4 | | +17 | 83 |
| 17-25 | 7 | 23,5 | — 8 | | 44 |
| 21-24 | 3 | 24,8 | —11 | | 7 |
| 28 | 1 | 25,6 | — 5 | | 4 |
| 23-28 | 5 | 27,8 | —15 | | 14 |
| 5 | 1 | 28,7 | —17 | | 28 |
| 24- 6 | 12 | 29,1 | —10 | | 179 |
| | 25 j. | | —12°,4 | +10°,0 | |
| | | Mars. — 0,00. | | | |
| 3-13 | 9 | 7,6 | | +17 | 58 |
| 3-13 | 9 | 9,0 | | +10 | 269 |
| 9-13 | 5 | 10,6 | —14 | | 71 |
| 11 | 1 | 11,7 | — 7 | | 3 |
| 9-13 | 5 | 13,2 | | + 7 | 41 |
| 9 | 1 | 14,6 | —10 | | 9 |
| 17 | 1 | 15,8 | —12 | | 4 |
| 19-23 | 5 | 19,6 | —16 | | 14 |
| 21-23 | 2 | 19,9 | — 6 | | 8 |
| 17-23 | 6 | 20,6 | —12 | | 83 |
| 17-27 | 10 | 20,9 | — 5 | | 1218 |
| 17-26 | 9 | 21,5 | —11 | | 53 |
| 17-28 | 11 | 23,0 | — 5 | | 274 |
| 25-26 | 2 | 25,4 | | +23 | 5 |
| 24- 3 | 10 | 29,9 | | +10 | 170 |
| 25-29 | 5 | 30,2 | — 5 | | 9 |
| | 24 j. | | — 9°,4 | +13°,4 | |

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

| 1920. | Sud. 90°. 40°. | 40°. 30°. | 30°. 20°. | 20°. 10°. | 10°. 0°. | Somme. | Nord. Somme. | 0°. 10°. | 10°. 20°. | 20°. 30°. | 30°. 40°. | 40°. 90°. | Totaux mensuels. | Surfaces totales réduites. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier...... | » | » | » | 3 | 3 | 6 | 8 | 4 | 4 | » | » | » | 14 | 1909 |
| Février ..... | » | » | 1 | 5 | 5 | 11 | 9 | 5 | 4 | » | » | » | 20 | 1105 |
| Mars........ | » | » | » | 5 | 6 | 11 | 5 | 3 | 1 | 1 | » | » | 16 | 2289 |
| Totaux ... | » | » | 1 | 13 | 14 | 28 | 22 | 12 | 9 | 1 | » | » | 50 | 5303 |

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

| 1920. | Sud. 90°. 40°. | 40°. 30°. | 30°. 20°. | 20°. 10°. | 10°. 0°. | Somme. | Nord. Somme. | 0°. 10°. | 10°. 20°. | 20°. 30°. | 30°. 40°. | 40°. 90°. | Totaux mensuels. | Surfaces totales réduites. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier..... | » | 1 | 4 | 7 | 3 | 15 | 17 | 8 | 8 | 1 | » | » | 32 | 36,3 |
| Février..... | » | 1 | 3 | 10 | 4 | 18 | 16 | 8 | 6 | 2 | » | » | 34 | 38,3 |
| Mars........ | » | » | 2 | 12 | 9 | 23 | 20 | 7 | 10 | 3 | » | » | 43 | 47,9 |
| Totaux.... | » | 2 | 9 | 29 | 16 | 56 | 53 | 23 | 24 | 6 | » | » | 109 | 122,5 |

MÉTÉOROLOGIE. — *Inversions de température dans les couches basses de l'atmosphère dans l'Antarctique.* Note (¹) de M. J. ROUCH.

Pendant l'hivernage de l'expédition Charcot à l'île Petermann (latitude, 65°10′S; longitude, 66°34′ W Paris), nous avons fait des observations simultanées de température à une altitude de 2ᵐ au-dessus de la mer, auprès de Port-Circoncision, et à une altitude de 35ᵐ sur la colline des Mégalestris. Les deux stations étaient séparées par une distance de 300ᵐ à vol d'oiseau. Les thermomètres étaient installés dans des abris du modèle anglais absolument identiques en haut et en bas et étaient lus simultanément à 10ʰ, chaque matin. Nous avons pu réunir ainsi 202 observations qui permettent d'étudier la variation de la température avec l'altitude.

1° *Résultats généraux.* — La différence moyenne de ces 202 observations est de + 0°,04, le signe + correspondant aux températures de la station supérieure plus hautes que les températures de la station inférieure.

Les différences moyennes pour chaque mois sont les suivantes :

| Mars. | Avril. | Mai. | Juin. | Juillet. | Août. | Septembre. | Octobre. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| −0°,01 | +0°,13 | +0°,45 | +0°,34 | +0°,23 | −0°,17 | −0°,33 | −0°,52 |

Sur les 202 observations, nous relevons 45 inversions, 48 fois aucune

(¹) Séance du 9 août 1920.

différence de température, 109 fois une température plus basse à la station supérieure.

La plus grande inversion fut de 5°,3 le 1er juillet, ce qui correspond à une variation de + 1°,6 pour 10m de hauteur.

La plus grande différence négative observée est de — 1°,5 le 7 octobre.

2° *Influence du vent.* — Les inversions se produisent par calme ou par vent faible. Le vent le plus fort est un vent de NE, de 20km à l'heure, pour une inversion de + 0°,3.

A mesure qu'on s'élève, le thermomètre baisse en moyenne plus avec les vents du quadrant Ouest qu'avec les vents des autres directions.

3° *Influence de la température.* — La grandeur de l'inversion est en raison directe du froid, ainsi que le montre le Tableau suivant :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Température moyenne de l'abri inférieur... | —5°,6 | —11°,5 | —13°,0 | —13°,4 | —15°,4 | —16°,4 |
| Valeur de l'inversion. | 0° à 1° | 1° à 2° | 2° à 3° | 3° à 4° | 4° à 5° | 5° à 6° |

4° *Influence de la nébulosité.* — Les différences de température correspondant aux diverses nébulosités sont les suivantes :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nébulosité................. | 0 à 1 | 2 à 3 | 4 à 5 | 6 à 7 | 8 à 9 | 10 |
| Différence de température... | +1°,7 | +0°,6 | +0°,5 | +0°,2 | 0,0 | —0°,3 |

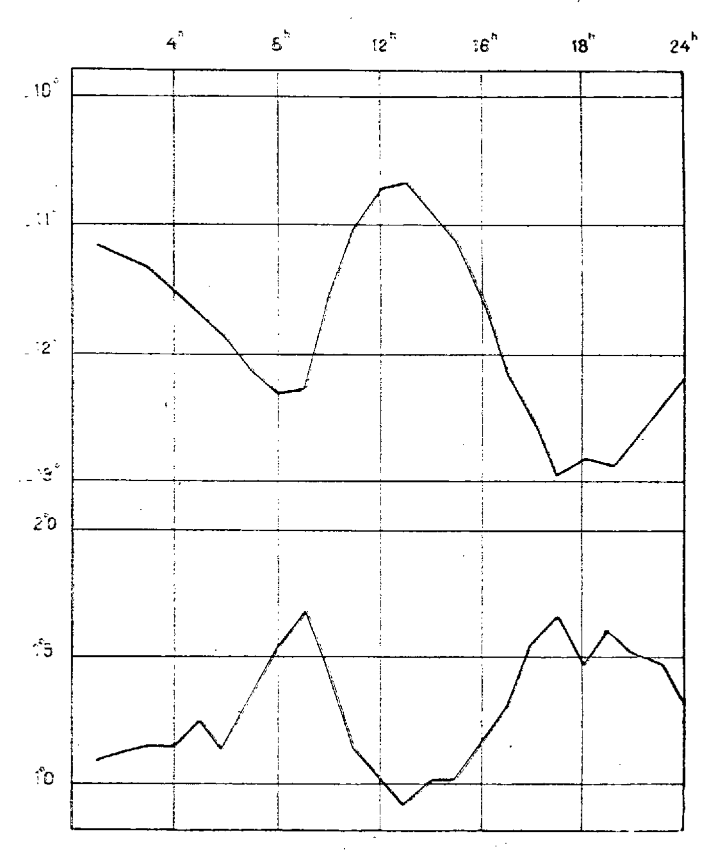
Les inversions se produisent donc beaucoup plus par ciel découvert que par ciel couvert. Sur 23 observations faites par brume on relève 5 inversions. Sur 58 observations faites par neige, une seule donne une inversion d'ailleurs faible (+ 0°,2).

5° *Influence de la pression barométrique.* — Les inversions se produisent plutôt par pression supérieure à la moyenne, qui est d'environ 740mm à l'île Petermann. Toutefois nous avons observé une inversion par baromètre inférieur à 720mm, 4 inversions par baromètre compris entre 720mm et 730mm, 14 inversions par baromètre compris entre 730mm et 740mm.

6° *Observations des thermomètres enregistreurs.* — De ce qui précède, il résulte que les inversions se produisent surtout par ciel peu couvert, par vent faible et qu'elles sont d'autant plus fortes que la température est plus basse. Ces résultats sont confirmés par la comparaison des courbes des thermomètres enregistreurs des deux abris les jours de ciel peu couvert (nébulosité supérieure à 5).

Les deux courbes ci-après donnent d'une part (courbe supérieure) la

variation diurne de la température de l'abri inférieur les jours en question (24 jours dans l'année) et d'autre part (courbe inférieure) la variation




diurne de la différence des températures inférieures et supérieures les mêmes jours. Ces deux courbes sont exactement inverses l'une de l'autre.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 13 SEPTEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE ET ASTRONOMIE. — *Au sujet des déplacements apparents de quelques étoiles, dans l'éclipse totale du Soleil du* 29 *mai* 1919. Note de **M. F.-E. Fournier.**

1. Le phénomène des interférences de la lumière et les découvertes de la spectroscopie conduisent à considérer l'ensemble des constellations de l'Univers comme enveloppé, en immersion profonde, par un fluide, l'*Éther*, homogène, sans viscosité, et d'une élasticité parfaite.

Ce fluide gardant la température uniforme ($-\theta_1^0$) du froid absolu de l'espace vide qu'il remplit, sa densité oscillatoire moyenne s'y maintient également, en tout point, à une valeur uniforme correspondante, $\Delta_1$; ce qui explique que tous les corps s'y déplacent sans éprouver de résistance. Il en est ainsi, du moins, jusqu'à l'enveloppe des atmosphères des globes célestes où la température diminue toujours sur le prolongement de chaque rayon de leur contour, jusqu'à son extrémité, à la limite de cette atmosphère où elle atteint son *minimum* du froid absolu régnant uniformément au delà.

Dans l'atmosphère du Soleil surchauffée à plus de $+6000^\circ$ sur son contour intérieur, son tassement dans le prolongement des rayons de cet astre et dont l'effet est d'augmenter sa densité jusqu'à son maximum extérieur, $\Delta_1$, se fait, sous des impulsions éruptives de gaz, à d'énormes tensions, prédominant d'abord sur les efforts antagonistes de leur refroidissement progressif et de l'attraction newtonienne de la masse solaire qui empêche, finalement, leur dispersion dans l'Éther environnant sur le contour extérieur de rayon, $R_1$, de cette atmosphère.

2. Dans ces conditions, lorsque le rayon lumineux d'une étoile quelconque conservant, à toute distance de son origine, la même densité oscillatoire moyenne, $\Delta_1$, et, par suite, la même direction rectiligne, tant qu'il se meut, en espace libre, dans l'Éther où cette densité se maintient en tout point, vient à pénétrer dans le rayon limite, $R_1$, de l'atmosphère du Soleil, dont la densité diminue sur le prolongement des rayons de cet astre, de cette plus grande valeur, $\Delta_1$, à leur extrémité, jusqu'à sa plus petite, $\Delta_0$, sur le contour, de rayon $R_0$, de cet astre, il y subit nécessairement, dans le sens de cette diminution, une déviation, $\delta$, d'autant plus grande, bien que minime, que sa direction primitive le conduit à passer à une plus courte distance, $R$, du centre du Soleil.

La discussion des déviations de cette nature mesurées dans l'éclipse du 29 mai 1919 sur plusieurs étoiles, à des distances du centre du Soleil relevées sur l'échelle du plan accompagnant le très intéressant article de M. le comte de la Baume Pluvinel dans le Bulletin de décembre 1919 de la *Société astronomique de France*, m'ont conduit à reconnaître qu'elles satisfont à la relation générale

$$\delta = \frac{\delta_0 \sqrt{\dfrac{R_1 - R}{R_1 - R_0}}}{1 + 2,3\left[1 - \sqrt{\dfrac{R_1 - R}{R_1 - R_0}}\right]^{0,224}},$$

dans laquelle

$$\delta_0 = 1'',75 \qquad \text{et} \qquad \frac{R_1}{R_0} = 6;$$

ce rapport donnant une première estimation de l'étendue relative

$$\frac{R_1 - R_0}{R_0} = 5,$$

de l'atmosphère du Soleil autour du rayon $R_0$ de son contour apparent.

On voit, par cette relation, que la déviation $\delta$ diminue depuis sa plus grande valeur, $\delta_0 = 1'',75$, jusqu'à la plus petite, $\delta_1 = 0$, pendant que $R$ augmente de $R_0$ à $R_1$, et qu'elle deviendrait *imaginaire* pour des valeurs de $R$ dépassant cette limite; ce qui doit être, en dehors du champ atmosphérique, de la diminution des densités dont elle résulte.

3. Le tassement des masses gazeuses, à très hautes tensions, du Soleil, sur leur contour extérieur concentrique à celui de cet astre, sous les impulsions éruptives, de vitesse $V_\varepsilon$, a pour conséquence d'y entretenir, par réactions élastiques, sur l'Éther environnant, de densité uniforme $\Delta_1$, des impulsions oscillatoires de même vitesse $V_\varepsilon$, que ce fluide transmet, inté-

gralement; à toute distance au delà, le long des rayons prolongés de ce contour limite de l'atmosphère solaire. Ce sont ces impulsions oscillatoires rayonnantes dont l'impression, sur les yeux de l'observateur, jouit de la propriété de lui assurer la vision des points dont elles émanent directement, à la condition que leur vitesse $V_\varepsilon$ soit au moins égale à celle $V_L$ de la lumière, telle qu'elle a été déterminée expérimentalement sur notre globe.

J'en ai déduit que l'*éclat* E des étoiles, perceptible à nos yeux, a pour expression

$$E_S = E_L \frac{1}{2}\left(\frac{V_L}{V_\varepsilon}\right)\left[1 + \left(\frac{V_\varepsilon}{V_L}\right)^2\right]$$

dont le *minimum*, $E_S = E_L$, pour $V_\varepsilon = V_L$ fixe en effet la limite.

4. Le Soleil et les étoiles projettent, en outre, sous les mêmes impulsions éruptives, des atomes de matières cosmiques, d'essences variées, traversant l'Éther sans y subir, en espaces libres, aucune résistance et, de plus, sans lui imprimer aucune impulsion oscillatoire dans la direction de leur translation. Ces projectiles cosmiques y restent donc invisibles; mais, quand ils pénètrent dans notre atmosphère, où ils rencontrent la résistance croissante de l'air, s'ils ne contribuent pas à son éclairage ils y rayonnent du moins de la chaleur par leurs impulsions oscillatoires dans la direction de leur translation, en même temps que ceux qui sont d'essences électriques ou magnétiques, ou qui proviennent de rayons cathodiques, y entretiennent les autres propriétés physiques nécessaires à sa conservation.

C'est la projection de ces atomes cosmiques invisibles par le Soleil, sur les corps célestes gravitant autour de lui, qui, en augmentant les forces centrifuges de ces astres, déterminent un déplacement continu du périhélie de leurs orbites, dont la mesure, sur la planète *Mercure*, a atteint seulement 43″ en un siècle.

Enfin, c'est à cette même projection éruptive du Soleil, que les comètes doivent l'orientation constante de leur queue dans la direction du centre de cet astre à celui de leur noyau.

5. Mais la vitesse éruptive du Soleil et des étoiles, provenant d'un régime volcanique, est naturellement sujette à des variations accidentelles.

Lorsque ces variations ont pour effet de diminuer cette vitesse éruptive, $V_\varepsilon$, momentanément, par un mouvement cyclonique, par exemple, au-dessous de sa vitesse limite, $V_L$, sur une portion restreinte de la surface du Soleil, en la rendant ainsi invisible à nos yeux, il s'y produit une tache sombre dont l'apparition est accompagnée, sur notre globe terrestre, de

perturbations plus ou moins sensibles dues, non à cette tache, mais à la diminution qu'elle révèle, sur son étendue, de la vitesse de projection des atomes cosmiques par le Soleil, dont le débit entretient l'état physique de notre atmosphère.

Un abaissement accidentel de la vitesse éruptive d'une étoile, se produisant sur la totalité de sa surface, doit donc suffire à la rendre subitement invisible à nos yeux, quand il réduit cette vitesse $V_\varepsilon$ à une valeur moindre que $V_L$ ; de même qu'une recrudescence générale de l'activité volcanique d'une étoile invisible, amenant sa vitesse éruptive, primitivement moindre que $V_L$, à dépasser cette limite critique de sa visibilité, doit suffire à la faire apparaître brusquement, comme la *Nova*.

Pour conclure : l'Éther est l'atmosphère inséparable de toutes les constellations de l'Univers et, s'il venait à disparaître, les effets des projections volcaniques du Soleil et des étoiles, sur les globes célestes gravitant autour d'eux, se produiraient encore, dans le vide, où tous les astres continueraient leurs cours réglés par la loi immuable de l'attraction universelle, mais le Monde entier serait alors plongé dans les ténèbres.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul des lignes électriques par l'emploi de fonctions vectorielles en notations réelles.* Note (1) de M. **André Blondel**.

Beaucoup d'électriciens reculent devant l'emploi des quantités imaginaires dans le calcul des lignes électriques à haute tension, parce que le symbole imaginaire les effraie.

J'exposerai ci-dessous une démonstration rapide qui a les mêmes avantages que la méthode des imaginaires, mais qui n'utilise que des quantités réelles, et sans recourir à l'emploi de laborieuses relations de récurrence (2). Elle repose sur l'introduction de séries vectorielles, représentées par la fonction $e^{\bar{z}}$, dans laquelle $\bar{z}$ sera un exposant vectoriel, et dont j'indiquerai tout d'abord quelques propriétés.

I. Un vecteur, ou grandeur dirigée, peut être représenté simplement par la formule $nx\underline{|\hat{\delta}}$, dans laquelle $nx$ indique la longueur du vecteur

(1) Séance du 6 septembre 1920.

(2) La méthode de récurrence a été exposée notamment par A. Blondel et C. Le Roy (*loc. cit.*) et J.-B. Pomey (*Introduction à la théorie des courants téléphoniques*, p. 251. Gauthier-Villars, éditeur).

et $\delta$ l'angle qu'il forme avec un axe de référence; d'autre part on sait que, par convention, le produit de deux vecteurs de ce genre s'obtient en multipliant les longueurs des vecteurs l'une par l'autre et en ajoutant leur angle de référence. Cela posé, si dans la série

$$e^z = 1 + \frac{z}{1} + \frac{z^2}{1.2} + \frac{z^3}{1.2.3} + \ldots,$$

qui définit comme on le sait la fonction $e^z$, on remplace $z$ par l'expression vectorielle $nx\underline{|\delta}$, on obtient la série *géométrique*

$$e^{nx\underline{|\delta}} = 1 + \frac{nx}{1}\underline{|\delta} + \frac{n^2x^2}{1.2}\underline{|2\delta} + \frac{n^3x^3}{1.2.3}\underline{|3\delta} + \ldots,$$

qui représente un polygone dont les côtés successifs ont pour valeur

$$1, \quad \frac{nx}{1}, \quad \frac{n^2x^2}{1.2}, \quad \frac{n^3x^3}{1.2.3}, \quad \ldots$$

et font des angles successifs

$$0, \quad \delta, \quad 2\delta, \quad 3\delta, \quad \ldots$$

par rapport à l'axe d'origine. On sait qu'une série de ce genre est convergente par le fait même que les longueurs des vecteurs (ou modules) forment une série scalaire convergente ([1]).

Cette série se reproduit par dérivation; sa dérivée par rapport à $x$ a en effet pour expression (en supposant $n$ et $\delta$ indépendants de $x$)

$$\frac{d}{dx}e^{nx\underline{|\delta}} = n\underline{|\delta} + \frac{nx}{1}n\underline{|2\delta} + \frac{n^2x^2}{1.2}n\underline{|3\delta} + \ldots = e^{nx\underline{|\delta}} \times n\underline{|\delta}.$$

Une fonction $\overline{\mathrm{U}}$ de la forme

$$\overline{\mathrm{U}} = \mathrm{U}e^{nx\underline{|\delta}}$$

aura aussi pour dérivées successives :

$$(a) \qquad \frac{d\overline{\mathrm{U}}}{dx} = \overline{\mathrm{U}}n\underline{|\delta},$$

$$(b) \qquad \frac{d^2\overline{\mathrm{U}}}{dx^2} = \mathrm{U}n^2\underline{|2\delta},$$

. . . . . . . . . . . . . .

---

([1]) Voir, par exemple, H. LAURENT, *Traité d'Algèbre*, t. 2, 1894, p. 97 et suiv.; la question a été traitée d'une manière plus précise pour les séries représentant les cosinus et les sinus hyperboliques par A. Blondel et C. Le Roy dans la *Lumière électrique*, t. 7, 1910, p. 355 et 387; t. 8, p. 99, 131 et 387. La même démonstration s'applique exactement à la série considérée ici.

II. Appliquons ces remarques à l'étude de la propagation d'un courant alternatif périodique sur une longue ligne présentant, par unité de longueur, une résistance $r$, une self-induction $l$, une perditance $g$ et une capacité $c$.

Si l'on appelle $u$ et $i$ respectivement la tension et le courant à un instant quelconque $t$ en un point M de la ligne située à une distance $x$ d'une extrémité, par exemple de l'extrémité d'arrivée, les équations différentielles ordinaires qui représentent le régime instantané au point $x$ de la ligne sont, comme on le sait :

$$\frac{du}{dx} = ri + l\frac{di}{dt}, \tag{1}$$

$$\frac{di}{dx} = gu + c\frac{du}{dt}, \tag{2}$$

Mais au lieu de considérer les valeurs instantanées $i$ et $u$, on peut passer immédiatement soit aux vecteurs d'amplitude correspondants, soit aux valeurs efficaces, $\overline{\mathrm{U}}$ et $\overline{\mathrm{I}}$ de ces vecteurs en se servant des définitions connues d'impédance et de l'admittance considérées comme grandeurs vectorielles.

En posant, $\omega$ étant la pulsation,

$$\overline{z} = \sqrt{r^2 + \omega^2 l^2}\,|\underline{\theta} = z\,|\underline{\theta}, \qquad \text{avec} \qquad \operatorname{tang}\theta = \frac{\omega l}{r},$$

$$\overline{w} = \sqrt{g^2 + \omega^2 c^2}\,|\underline{\theta'} = w\,|\underline{\theta'}, \qquad \text{avec} \qquad \operatorname{tang}\theta' = \frac{\omega c}{g},$$

les deux équations différentielles (1) et (2) sont remplacées par les équations (3) et (4) entre les valeurs efficaces considérées désormais comme grandeurs vectorielles :

$$\frac{d\overline{\mathrm{U}}}{dx} = z\,|\underline{\theta} \times \overline{\mathrm{I}} = \overline{z}\,\overline{\mathrm{I}}, \tag{3}$$

$$\frac{d\overline{\mathrm{I}}}{dx} = w\,|\underline{\theta'} \times \overline{\mathrm{U}} = \overline{w}\,\overline{\mathrm{U}}. \tag{4}$$

En différentiant une seconde fois l'équation (3) et en substituant dans le second membre la valeur donnée par (4), on obtient l'équation différentielle vectorielle

$$\frac{d^2\overline{\mathrm{U}}}{dx^2} = \overline{z}\,\overline{w}\,\overline{\mathrm{U}} = \overline{\mathrm{U}}\,zw\,|\underline{\theta + \theta'} \tag{5}$$

dans laquelle ne figure plus qu'une seule variable vectorielle $\overline{\mathrm{U}}$ (1).

(1) Cette équation se déduirait aussi de simples considérations physiques. En effet, dans un élément $dx$ de la ligne, la variation du courant égale à $\overline{w}\,\overline{\mathrm{U}}$ en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur donne lieu à une variation seconde de tension égale à $\overline{w}\,\overline{\mathrm{U}}\,\overline{z} = \overline{z}\,\overline{w}\,\overline{\mathrm{U}}$.

Si l'on se reporte à la relation ($b$), on voit immédiatement que l'équation (5) est susceptible d'une solution

$$\overline{\mathrm{U}} = \mathrm{U}\, e^{x\sqrt{zw}\,\underline{|\delta}} = \mathrm{U}\, e^{nx\,\underline{|\delta}}, \tag{6}$$

en posant $\frac{\theta+\theta'}{2} = \delta$ et $\sqrt{zw} = n$.

Cette solution s'applique, dans le cas que nous avons considéré, où la propagation du courant a lieu dans le sens des $x$ croissants; mais on peut supposer tout aussi bien dans le cas général qu'un second courant va dans le sens des $x$ décroissants; de sorte que la solution complète doit s'écrire sous la forme ($\overline{\mathrm{A}}_1$ et $\overline{\mathrm{A}}_2$ étant des constantes vectorielles dans le cas le plus général)

$$\overline{\mathrm{U}} = \overline{\mathrm{A}}_1\, e^{nx\,\underline{|\delta}} + \overline{\mathrm{A}}_2\, e^{-nx\,\underline{|\delta}}. \tag{7}$$

Il y aurait une équation semblable pour l'intensité du courant; mais on trouve avantage à introduire une relation entre $\overline{\mathrm{I}}$ et $\overline{\mathrm{U}}$ en chaque point au moyen de l'équation différentielle (3), d'où l'on tire

$$\overline{\mathrm{I}} = \frac{d\overline{\mathrm{U}}}{dx}\,\frac{1}{z\,\underline{|\delta}} = \frac{n\,\underline{|\delta}}{z\,\underline{|\theta}}\left[\overline{\mathrm{A}}_1\, e^{nx\,\underline{|\delta}} - \overline{\mathrm{A}}_2{}^{-nx\,\underline{|\delta}}\right]$$

ou, en représentant par $m$ l'expression $\sqrt{\frac{z}{w}}$ et par $\gamma$ l'angle $\frac{\theta-\theta'}{2}$,

$$\overline{\mathrm{I}} = \frac{1}{m\,\underline{|\gamma}}\left[\overline{\mathrm{A}}_1\, e^{nx\,\underline{|\delta}} - \overline{\mathrm{A}}_2\, e^{-nx\,\underline{|\delta}}\right]. \tag{8}$$

L'expression $m$ étant homogène à une impédance reçoit le nom d'*impédance caractéristique*.

Au contraire, l'expression $nx = x\sqrt{zw}$, qui est homogène à un simple coefficient numérique, reçoit le nom de *constante de propagation*.

Les équations (7) et (8) donnent sous forme vectorielle, par des calculs purement géométriques et sans l'introduction d'aucune imaginaire, les équations intégrales générales.

On peut les mettre sous une forme plus pratique en introduisant les sinus et cosinus hyperboliques des quantités vectorielles définies suivant la définition ordinaire des fonctions hyperboliques, mais en remplaçant la variable scalaire par une variable vectorielle, d'où :

$$\mathrm{ch}\, nx\underline{|\delta} = \frac{e^{nx\underline{|\delta}} + e^{-nx\underline{|\delta}}}{2}, \qquad \mathrm{sh}\, nx\underline{|\delta} = \frac{e^{nx\underline{|\delta}} - e^{-nx\underline{|\delta}}}{2}.$$

Il est facile alors de voir que les solutions (7) et (8) peuvent s'écrire :

$$\overline{\mathrm{U}} = \overline{\mathrm{A}}\,\mathrm{ch}\,nx|\underline{\delta} + m|\underline{\gamma}\,\overline{\mathrm{B}}\,\mathrm{sh}\,nx|\underline{\delta} = \overline{\mathrm{A}}\,\mathrm{ch}\,\overline{n}x + \overline{m}\,\overline{\mathrm{B}}\,\mathrm{sh}\,\overline{n}x, \tag{9}$$

$$\overline{\mathrm{I}} = \overline{\mathrm{B}}\,\mathrm{ch}\,nx|\underline{\delta} + \frac{\overline{\mathrm{A}}}{m|\underline{\gamma}}\,\mathrm{sh}\,nx|\underline{\delta} = \overline{\mathrm{B}}\,\mathrm{ch}\,\overline{n}x + \frac{\overline{\mathrm{A}}}{\overline{m}}\,\mathrm{sh}\,\overline{n}x. \tag{10}$$

Les constantes $\overline{\mathrm{A}}$ et $\overline{\mathrm{B}}$ se déterminent par les conditions aux limites. Supposons le régime à l'arrivée ($x = 0$) donné : $\mathrm{U}_1, \mathrm{I}_1, \varphi_1$. On a

$$\overline{\mathrm{A}} = \mathrm{U}_1,$$
$$\overline{\mathrm{B}} = \mathrm{I}_1|\underline{-\varphi_1};$$

d'où la forme suivante pour (9) et (10) :

$$\overline{\mathrm{U}} = \mathrm{U}_1\,\mathrm{ch}\,nx|\underline{\delta} + m|\underline{\gamma - \varphi_1}\,\mathrm{I}_1\,\mathrm{sh}\,nx|\underline{\delta} = \mathrm{U}_1\,\mathrm{ch}\,\overline{n}x + \overline{m}\,\mathrm{I}_1\,\mathrm{sh}\,\overline{n}x,$$

$$\overline{\mathrm{I}} = \mathrm{I}_1|\underline{-\varphi_1}\,\mathrm{ch}\,nx|\underline{\delta} + \frac{\mathrm{U}_1}{m|\underline{\gamma}}\,\mathrm{sh}\,nx|\underline{\delta} = \mathrm{I}_1\,\mathrm{ch}\,\overline{n}x + \frac{\mathrm{U}_1}{\overline{m}}\,\mathrm{sh}\,\overline{n}x.$$

Les sinus et cosinus hyperboliques imaginaires peuvent être aussi définis géométriquement en partant de la définition géométrique de la fonction exponentielle $e^{nx|\underline{\delta}}$. Il suffit, en effet, de tracer les vecteurs [1] qui représentent en grandeur et en phase $e^{+nx|\underline{\delta}}$ et $e^{-nx|\underline{\delta}}$, et de composer ces vecteurs géométriquement pour que la demi-somme géométrique représente le $\mathrm{ch}\,nx|\underline{\delta}$.

Inversement, le vecteur égal à la demi-différence géométrique

$$e^{nx|\underline{\delta}} - e^{-nx|\underline{\delta}}$$

représente $\mathrm{sh}\,nx|\underline{\delta}$. Chacune de ces deux lignes trigonométriques est représentée ainsi par un vecteur, et l'on arrive à cette notion essentielle de calcul vectoriel des lignes électriques que, à tout vecteur représentant l'arc hyperbolique $nx|\underline{\delta}$ correspond un *autre vecteur* représentant chacune des fonctions hyperboliques vectorielles correspondantes $\mathrm{sh}\,nx|\underline{\delta}$ et $\mathrm{ch}\,nx|\underline{\delta}$; il en sera de même naturellement de leur rapport $\mathrm{th}\,nx|\underline{\delta}$.

La solution de (9) et (10) s'interprète aisément par la considération de deux régimes particuliers : le régime à circuit fermé pour un courant même

---

[1] Ces vecteurs se tracent aisément, en utilisant les relations suivantes :

$$e^{nx|\underline{\delta}} = e^{nx\cos\delta}|\underline{nx\sin\delta} \qquad \text{et} \qquad e^{-nx|\underline{\delta}} = e^{-nx\cos\delta}|\underline{-nx\sin\delta}$$

où les arguments $\pm nx\sin\delta$ seront exprimés en radians.

qu'en charge, et le régime à circuit ouvert pour une tension même qu'en charge.

1° Quand la ligne est en court circuit à son extrémité d'arrivée, la tension U s'annule en ce point pris comme origine des distances $x$, et le courant de court circuit est égal au courant $\overline{I}_1$.

On a donc

$$(11)\qquad \begin{cases} \overline{U}_0 = U_1 \operatorname{ch} n x |\underline{\delta}, \\ \overline{J}_0 = \dfrac{U_1}{m|\underline{\gamma}} \operatorname{sh} n x |\underline{\delta}. \end{cases}$$

2° Au contraire, lorsque la ligne est à circuit ouvert, le courant à l'extrémité d'arrivée est nul, et la tension en circuit ouvert est égale à $\overline{U}_1$; on a donc, de nouveau,

$$(12)\qquad \begin{cases} \overline{V}_0 = m|\underline{\gamma - \varphi_1}\, I_1 \operatorname{sh} n x |\underline{\delta}, \\ \overline{I}_0 = I_1 |\underline{- \varphi_1} \operatorname{ch} n x |\underline{\delta}. \end{cases}$$

Ces deux groupes d'équations déterminent aussi les constantes et le régime cherché en fonction du courant et de la tension à l'arrivée et établissent, sous une forme nouvelle, le théorème de la superposition des régimes que j'ai exposé autrefois, avec plus de détails, par une méthode plus compliquée [1].

## NOMINATIONS.

L'Académie charge MM. **Émile Picard**, **P. Appell**, **G. Kœnigs** et **E. Goursat** de la représenter à l'Union internationale de Mathématiques et au *Congrès international des Mathématiciens*, dont les sessions se tiendront à Strasbourg du 20 au 30 septembre prochain.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Marine** transmet le Rapport technique, rédigé par M. le lieutenant de vaisseau **Guierre**, de la *Mission radiotélégraphique de l'Aldébaran*.

---

[1] Cf. A. Blondel, *L'Éclairage électrique*, t. 49, 1906, p. 121.

Cette mission avait pour but, en dehors de questions intéressant particulièrement la Marine, d'étudier le rayonnement, en fonction de la distance, des stations de Nantes et de Lyon, et de préciser par des mesures la concentration, déjà soupçonnée par la théorie, de l'énergie rayonnée par un poste, à l'antipode de ce poste.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Dimitrie A. Olaru, *Rôle du manganèse en agriculture. Son influence sur quelques microbes du sol.* (Présenté par M. Lindet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques points de la théorie des équations différentielles linéaires du second ordre et des fonctions automorphes.* Note [1] de M. **V. Smirnoff**, transmise par M. Hadamard.

Étant donnée une équation différentielle

$$y'' + p(x)y' + q(x)y = 0 \tag{1}$$

et en admettant que $\eta$ est le quotient de ses deux intégrales indépendantes, la considération de $x$ comme fonction de $\eta$ sera appelée le problème d'inversion de l'équation (1). Cela nous conduit à la fonction

$$x = \varphi(\eta) \tag{2}$$

en général multiforme. Un intérêt particulier s'attache aux cas d'uniformité de cette fonction, quand elle est une fonction automorphe. Le groupe de substitutions que subit $\eta$ sera le groupe de cette fonction automorphe et nous l'appellerons le groupe de l'équation (1). Cette Note étudie le problème pour l'équation à quatre points singuliers et à intégrales régulières. Nous examinerons le cas où la différence des racines de l'équation fondamentale déterminante relative à chaque point singulier est égale à zéro. L'équation en question peut être ramenée à la forme

$$\frac{d}{dx}[x(x-a)(x-1)y'] + (x+\lambda)y = 0, \tag{3}$$

où $\lambda$ est un paramètre arbitraire. En nous bornant au cas de réalité de $a$

[1] Séance du 6 septembre 1920.

et $\lambda$ ([1]), remarquons que pour cette équation, $\eta$ transforme la moitié du plan $x$ en un quadrilatère K, dont les angles sont égaux à zéro, limité par des arcs des cercles, et inversement à tout quadrilatère de ce genre correspond une équation de la forme (3). Notre problème consiste à étudier la fonction (2) et le groupe de l'équation (3) au point de vue de leur dépendance par rapport au paramètre $\lambda$. En utilisant, avec certaines modifications, la méthode classique de Sturm, on peut établir les théorèmes d'oscillation pour l'équation (3) ([2]). Cela nous fournit entre autres la démonstration de l'existence d'une valeur $\lambda = \lambda_0$, pour laquelle la fonction (2) sera une fonction fuchsienne avec circonférence limite. En étudiant les transformations du quadrilatère K en fonction de $\lambda$, nous obtenons les résultats suivants.

Il existe deux valeurs $\lambda = \lambda_1$ et $\lambda_{-1}$ telles que, si $\lambda_1 > \lambda > \lambda_0$ ou $\lambda_0 > \lambda > \lambda_{-1}$, la fonction (2) est une fonction kleinéenne avec domaine d'existence limité par une courbe non analytique L. Si $\lambda = \lambda_{-1}$ ou $\lambda = \lambda_1$, ce domaine sera limité par des circonférences en nombre infini. $\lambda$ continuant à croître au delà de $\lambda_1$ ou à décroître au delà de $\lambda_{-1}$, les prolongements des deux côtés opposés du quadrilatère K se couperont sous un angle $\varphi$. On peut démontrer que $\varphi$ est une fonction monotone de $\lambda$. Admettons, en effet, qu'à deux valeurs différentes $\lambda > \lambda_1$ ou $\lambda < \lambda_{-1}$ corresponde une même valeur de $\varphi$. Les prolongements des côtés des deux quadrilatères correspondants forment deux triangles aux angles o, o et $\varphi$. Utilisant la formule $\eta_1 = \dfrac{\alpha\eta + \beta}{\gamma\eta + \delta}$, l'un de ces triangles peut être transformé en l'autre, et aux deux quadrilatères obtenus de la sorte correspondront deux fonctions (2). En éliminant $x$, nous obtenons une fonction $\eta_1 = \psi(\eta)$. En formant l'algorithme $\psi_2(\eta) = \psi[\psi(\eta)]$, $\psi_3(\eta) = \psi[\psi_2(\eta)]$, on peut démontrer que $\psi(\eta) = \eta$ d'où suit la variation monotone de $\varphi$. Soient $\lambda = \lambda_{-1}^{(n)}$ et $\lambda = \lambda_1^{(n)}$ les valeurs auxquelles correspond $\varphi = \dfrac{\pi}{n} (n = 1, 2, \ldots)$. Si $\lambda = \lambda_{-1}^{(1)}$ ou $\lambda = \lambda_1^{(1)}$, la fonction (2) sera une fonction fuchsienne sans circonférence limite. Si $\lambda = \lambda_{-1}^{(n)}$ ou $\lambda = \lambda_1^{(n)} (n > 1)$, la fonction (2) sera kleinéenne, son groupe contenant des substitutions elliptiques de la période $n$. Les cas mentionnés épuisent tous les cas d'uniformité de la fonction (2).

Passons maintenant à l'étude du groupe de l'équation (3). Examinons l'intervalle $\lambda_{-1} < \lambda < \lambda_1$ : en prolongeant les côtés de K, nous obtiendrons

---

([1]) On peut supposer $0 < a < 1$.

([2]) Voir König, *Math. Ann.*, t. 72.

un autre quadrilatère auquel correspondra l'équation

$$(3_1)\qquad \frac{d}{dx}[x(x-b)(x-1)y'] + (x+\mu)y = 0$$

à fonction (2) uniforme. Les équations (3) et $(3_1)$ auront des groupes identiques et les fonctions (2) correspondantes auront leurs domaines d'existence séparés par la courbe L. On peut prouver que ce sera une courbe de Jordan limitant une aire quarrable. En profitant de cette circonstance et en considérant pour les équations (3) et $(3_1)$ la fonction inverse de la fonction (2), on peut prouver que, $\lambda$ croissant de $\lambda_{-1}$ à $\lambda_1$, $b$ diminue de 1 à 0; vu la circonstance que la ligne L est l'ensemble de tous les points singuliers du groupe, il est permis d'affirmer que les équations (3) et $(3_1)$ sont les seules équations de la forme (3) ayant le groupe susindiqué, la fonction (2) étant uniforme.

En ce qui concerne les autres théorèmes sur le groupe de l'équation (3) de même que l'étude du cas général de l'équation à quatre points singuliers, et les démonstrations détaillées, voir ma Thèse « Le problème d'inversion d'une équation différentielle linéaire du second ordre avec quatre points singuliers » (Pétrograd, 1918).

MÉCANIQUE. — *Sur la célérité des ondes dans les solides élastiques.* Note [1] de M. E. **Jouguet**, transmise par M. L. Lecornu.

1. Les formules des ondes de choc, données dans une précédente Note, permettent de retrouver l'expression de la célérité des ondes ordinaires dans les milieux peu déformés. C'est ce que nous allons montrer en supposant que nous avons affaire à un milieux vitreux. W se met alors sous la forme

$$(1)\quad W = -2\nu(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3) + \mu\left[\frac{1}{2}(\gamma_1^2+\gamma_2^2+\gamma_3^2) + \varepsilon_1^2+\varepsilon_2^2+\varepsilon_3^2\right] + \frac{\lambda}{2}(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)^2,$$

$\lambda$, $\mu$, $\nu$ sont des coefficients fonction de T.

Chacune des fonctions $\varepsilon$, $\gamma$ est la somme de termes du premier degré par rapport aux dérivées $\frac{\partial\xi}{\partial a}$, $\frac{\partial\xi}{\partial b}$, $\cdots$ et de termes du second degré. Par exemple,

$$\varepsilon_1 = \frac{\partial\xi}{\partial a} + \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial\xi}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial\eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial\zeta}{\partial a}\right)^2\right].$$

---

[1] Séance du 30 août 1920.

Dans l'expression de W, $\varepsilon_1$ peut être remplacé par $\frac{\partial\xi}{\partial a}$ partout où il est au second degré. Il n'en est plus de même dans le terme $-2\nu(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)$. Cette remarque est importante. On en déduit que

$$(2)\qquad \begin{cases} A_x=-2\nu+2(\mu-\nu)\dfrac{\partial\xi}{\partial a}+\lambda\left(\dfrac{\partial\xi}{\partial a}+\dfrac{\partial\eta}{\partial b}+\dfrac{\partial\zeta}{\partial c}\right), \\ A_y=-2\nu\dfrac{\partial\eta}{\partial a}+\mu\left(\dfrac{\partial\xi}{\partial b}+\dfrac{\partial\eta}{\partial a}\right), \\ A_z=-2\nu\dfrac{\partial\zeta}{\partial a}+\mu\left(\dfrac{\partial\zeta}{\partial a}+\dfrac{\partial\xi}{\partial c}\right); \end{cases}$$

les B et les C s'expriment par des formules analogues.

2. Considérons une onde de choc dans un tel milieu. La discontinuité dans le champ $a$, $b$, $c$ peut se représenter, comme le fait M. Hadamard, par un vecteur $f$, $g$, $h$ :

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{\left[\dfrac{\partial(x,y,z)}{\partial a}\right]_1^2}{l}=\dfrac{\left[\dfrac{\partial(x,y,z)}{\partial b}\right]_1^2}{m}=\dfrac{\left[\dfrac{\partial(x,y,z)}{\partial c}\right]_1^2}{n}=(f,g,h), \\ \left[\dfrac{\partial(x,y,z)}{\partial t}\right]_1^2=-\dfrac{dP}{dt}(f,g,h). \end{cases}$$

On peut supposer la surface d'onde perpendiculaire à $Ox$, c'est-à-dire $l=1$, $m=0$, $n=0$. Les équations de la quantité de mouvement deviennent alors

$$(4)\qquad r\left(\frac{dP}{dt}\right)^2=\frac{A_x^2-A_x^1}{f}=\frac{A_y^2-A_y^1}{g}=\frac{A_z^2-A_z^1}{h}.$$

Pour que l'onde de choc tende vers une onde ordinaire, il faut supposer $f$, $g$, $h$ infiniment petits. La discontinuité $f$, $g$, $h$ est d'ailleurs accompagnée sur S d'une discontinuité dans les températures $\theta=T_2-T_1$ qui est aussi infiniment petite.

Négligeons les quantités du second ordre en $\theta$, $f$, $g$, $h$. Les équations (4) peuvent s'écrire, grâce à (2), (3),

$$(5)\qquad \begin{cases} r\left(\dfrac{dP}{dt}\right)^2 f=-2\dfrac{d\nu}{dT}\theta+(\lambda+2\mu-2\nu)f, \\ r\left(\dfrac{dP}{dt}\right)^2 g=(\mu-2\nu)g, \\ r\left(\dfrac{dP}{dt}\right)^2 h=(\mu-2\nu)h. \end{cases}$$

3. Deux cas sont maintenant à distinguer :

*Premier cas.* — Les mouvements sont isothermes. Il faut faire $\theta = 0$ et les équations (5) donnent :

$$(6)\quad \begin{cases} \text{ou bien} \quad g = h = 0 \quad \text{et} \quad \left(\dfrac{dP}{dt}\right)^2 = \dfrac{\lambda + 2\mu - 2\nu}{r} \text{ (ondes longitudinales)}, \\ \text{ou bien} \quad f = 0 \quad \text{et} \quad \left(\dfrac{dP}{dt}\right)^2 = \dfrac{\mu - 2\nu}{r} \text{ (ondes transversales)}. \end{cases}$$

*Deuxième cas.* — Les mouvements sont adiabatiques. La relation supplémentaire (III′) de notre précédente Note donne, par un calcul facile, en désignant par $c$ la chaleur spécifique sous volume constant :

$$\theta = -\frac{2T}{rc}\frac{d\nu}{dT}f.$$

Cette relation transforme la première équation (5) en

$$r\left(\frac{dP}{dt}\right)^2 f = \left[\lambda + 2\mu - 2\nu + \frac{4T}{rc}\left(\frac{d\nu}{dT}\right)^2\right]f.$$

Dès lors, on a

$$(7)\quad \begin{cases} \text{ou bien} \quad g = h = 0 \quad \text{et} \quad \left(\dfrac{dP}{dt}\right)^2 = \dfrac{\lambda + 2\mu - 2\nu + \dfrac{4T}{rc}\left(\dfrac{d\nu}{dT}\right)^2}{r} \text{ (ondes longitudinales)}, \\ \text{ou bien} \quad f = 0 \quad \text{et} \quad \left(\dfrac{dP}{dt}\right)^2 = \dfrac{\mu - 2\nu}{r} \text{ (ondes transversales)}. \end{cases}$$

Les formules pour les mouvements isothermes sont les expressions classiques de la célérité des ondes dans les solides élastiques, corrigées, comme l'a indiqué Poincaré, pour s'appliquer au cas où l'état initial n'est pas un état naturel à tensions nulles. Ce sont, sauf la différence des notations, celles que ce savant a données au Chapitre I de sa Théorie de la lumière.

L'expression de la célérité dans le cas des mouvements adiabatiques a été donnée, à ma connaissance, pour la première fois par Duhem, puis par M. Roy. Les formules de ces auteurs diffèrent des formules (7) par l'absence de $-2\nu$ au numérateur. C'est que Duhem a toujours raisonné, sans le dire explicitement, en supposant $\nu$ petit. Il l'est en effet généralement dans les solides élastiques. Mais cela n'est ni nécessaire ni vrai pour tous les milieux. Quant à M. Roy, il s'est placé dans un cas où $\nu$ est certainement petit, comme il le remarque explicitement, ce qui lui permet, dans l'expression du potentiel, de remplacer partout $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$, $\varepsilon_3$ respectivement par $\dfrac{\partial\xi}{\partial a}$, $\dfrac{\partial\eta}{\partial b}$, $\dfrac{\partial\zeta}{\partial c}$. Il nous a paru intéressant de compléter les résultats de ces savants en traitant le cas de $\nu$ fini.

4. Si $\nu$ est positif et différent de zéro, l'état initial est comprimé. Tout ce qui précède peut donc s'appliquer aux petits mouvements des gaz. Effectivement, il est facile de vérifier que la première formule (7) contient, comme cas particulier, la formule de Laplace pour la vitesse du son dans les gaz.

Pour un gaz, le potentiel de l'unité de masse $\Phi = \frac{W}{r}$ est une fonction de $\rho$ et de T. En développant ce potentiel pour des valeurs de $\rho$ voisines de $r$, on vérifie facilement qu'on obtient la forme (1) avec

$$\lambda = r^2 \frac{\partial \Phi}{\partial r} + r^3 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2}, \qquad \mu = 2\nu = r^2 \frac{\partial \Phi}{\partial r}.$$

La première formule (7) donne alors, pour le carré de la célérité,

$$2r \frac{\partial \Phi}{\partial r} + r^2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{\mathrm{T} r^2}{c} \left( \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \, \partial \mathrm{T}} \right)^2.$$

C'est exactement ce que donne la formule de Laplace.

HYDRAULIQUE. — *Sur la transmission de l'énergie par les vibrations de l'eau dans les conduites*. Note (1) de M. C. **Camichel**, présentée par M. A. Blondel.

M. Constantinescu a présenté à la Société Royale de Londres et publié dans diverses Revues françaises et étrangères les procédés qu'il emploie pour la transmission de l'énergie au moyen des vibrations de l'eau dans les conduites.

Ses dispositifs dérivent de ceux que j'ai eu l'occasion de publier en 1915 et 1916.

Le problème comprend deux parties distinctes : 1° la production des vibrations dans les conduites; 2° leur utilisation.

1° En ce qui concerne la première question, j'ai montré (2) qu'il était facile de faire produire à une conduite la vibration fondamentale et ses harmoniques impairs, par exemple, par l'emploi d'un *robinet tournant* (3) (sirène), dont on règle convenablement la vitesse. J'ai indiqué qu'on peut utiliser,

(1) Séance du 6 septembre 1920.
(2) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 412, et t. 163, 1916, p. 150.
(3) *La Lumière électrique*, t. 34, p. 246.

dans le même but, d'autres procédés, par exemple le *clapet automatique* (¹), qui se compose d'une simple soupape convenablement équilibrée et s'ouvrant de l'extérieur à l'intérieur. Ce clapet se synchronise sur la conduite et la période T de son mouvement est égale à celle de la conduite

$$T = \frac{4L}{a},$$

lorsque la conduite aboutit à son extrémité amont à une chambre d'eau et que le clapet est placé à l'extrémité aval; dans cette formule, L désigne la longueur de la conduite et $a$ la vitesse de propagation de l'onde dans celle-ci.

2° Pour l'utilisation de ces vibrations, j'ai réalisé un moteur auquel j'ai donné le nom de *moteur hydraulique synchrone* (²) et qui est simplement constitué par un piston sans soupape, se déplaçant à l'intérieur d'un cylindre en communication avec la conduite. Ce moteur s'accroche comme un moteur synchrone électrique; il réalise l'exemple le plus simple de synchronisation hydraulique. Ce moteur est, de tous points, identique à celui qu'emploie M. Constantinescu. La seule différence qu'on puisse signaler est la suivante : au lieu d'employer le moteur monophasé, cet ingénieur a construit un moteur triphasé, constitué par trois moteurs synchrones monophasés dont les mouvements sont décalés de $\frac{1}{3}$ de période; les conduites sont, en outre, munies par M. Constantinescu de réservoirs d'eau destinés à diminuer les pressions.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du calcium et du magnésium dans différents milieux salins.* Note (³) de M. E. Canals, présentée par M. Guignard.

Cette Note a pour but de savoir si, en *milieu acétique*, la séparation du calcium et du magnésium des précipités des sels de fer ou d'aluminium peut mieux s'effectuer qu'en milieu alcalin, cas examiné déjà par Quartaroli (⁴).

1° *Fer et magnésium.* — La solution de sulfate ferrique et de sulfate de magnésium est additionnée de phosphate de sodium dissous, que l'on

(¹) *La Lumière électrique*, t. 34, p. 271.
(²) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 224, et *Lumière électrique*, t. 35, p. 5.
(³) Séance du 6 septembre 1920.
(⁴) Quartaroli, *Gazz. chim. ital.*, t. 44, 1914, p. 418.

empêche de précipiter en ajoutant 2 gouttes d'acide sulfurique concentré à la solution précédente. On provoque ensuite la précipitation en ajoutant de l'ammoniaque jusqu'à réaction alcaline franche et l'on traite par l'acide acétique. Le sel de fer est insoluble, seul le sel de magnésium doit se dissoudre; on le dose dans la solution filtrée. Voici quelques résultats :

| | Solutions. | Résultats en $P^2O^7Mg^2$. | Théorie en $P^2O^7Mg^2$. |
|---|---|---|---|
| I. | 10 cm³ Fe; 10 Mg; 5 $PO^4Na^2H$ à $\frac{1}{15}$ | 0,175 | 0,231 |
| II. | 10 Fe; 5 Mg; 5 $PO^4Na^2H$ | 0,067 | 0,115 |
| III. | 10 Fe; 1 Mg; 5 $PO^4Na^2H$ | 0,023 | 0,023 |

On voit qu'au delà d'une certaine concentration le magnésium est retenu par le précipité ferrique, en deçà le magnésium passe entièrement dans la solution.

2° *Aluminium et magnésium.* — Ici encore, j'obtiens des résultats analogues aux précédents (le sel d'aluminium utilisé est le sulfate).

| | Solutions. | Résultats en $P^2O^7Mg^2$. | Théorie en $P^2O^7Mg^2$. |
|---|---|---|---|
| I. | 10 cm³ Al; 10 Mg; 5 $PO^4Na^2H$ à $\frac{1}{15}$ | 0,160 | 0,231 |
| II. | 10 Al; 5 Mg; 5 $PO^4Na^2H$ | 0,100 | 0,115 |
| III. | 10 Al; 1 Mg; 5 $PO^4Na^2H$ | 0,022 | 0,023 |

L'emploi de solutions diluées est donc un moyen de séparation convenable du magnésium des précipités des sels de fer et d'aluminium.

3° *Fer et calcium.* — Les résultats sont semblables à ceux obtenus avec le magnésium.

| | Solutions. | Résultats en $CO^3Ca$. | Théorie en $CO^3Ca$. |
|---|---|---|---|
| I. | 10 cm³ Fe, 10 Ca, 5 $PO^4Na^2H$ à $\frac{1}{15}$ | 0,110 | 0,125 |
| III. | 10 Fe, 5 Ca, 5 $PO^4Na^2H$ | 0,055 | 0,0625 |
| III. | 10 Fe, 1 Ca, 5 $PO^4Na^2H$ | 0,012 | 0,0125 |

Avec M. Mangaladassou, un de mes collaborateurs habituels, nous nous sommes facilement rendu compte qu'il n'y avait pas de combinaison stable entre ces éléments. En effet, lorsqu'on ajoute à la solution du mélange des sels précédents, de l'ammoniaque jusqu'à complète précipitation, et que l'on acidule par l'acide acétique goutte à goutte, en ayant soin d'*agiter fortement pendant quelques minutes*, tout le magnésium et le calcium passent dans la solution ainsi que le prouvent les résultats suivants :

| | Solutions. | Résultats. | | Théorie. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Ca en $CO^3Ca$. | Mg en $P^2O^7Mg^2$. | Ca en $CO^3Ca$. | Mg en $P^2O^7Mg^2$ |
| I. | 10 cm³ Fe, 10 Al, 10 Ca + 10 cm³ $PO^4Na^2H$ à $\frac{1}{15}$, 10 Mg | 0,126 | 0,227 | 0,125 | 0,231 |
| II. | *Idem*, sauf 5 Mg + 5 cm³ $H^2O$ | 0,124 | 0,115 | 0,125 | 0,115 |
| III. | *Idem*, sauf 1 Ca, 1 Mg, 10 $H^2O$ | 0,012 | 0,023 | 0,0125 | 0,023 |

*Conclusion.* — Il est donc possible, dans les limites d'expérience envisagées ci-dessus, de séparer complètement le calcium et le magnésium des sels de fer et d'aluminium, en opérant en milieu acétique et agitant fortement au moment du traitement par l'acide acétique.

GÉOLOGIE. — *Du rôle des coraux constructeurs dans les réajustements lithosphériques*. Note de M. **G. Zeil**, présentée par M. H. Douvillé.

Considérés comme de simples sédiments surchargeant leur support, les coraux constructeurs jouent le rôle de moteur centripète vis-à-vis de ce dernier. Darwin et Dana, quand ils envisageaient seulement des supports sous-marins (bas voussoirs) avaient absolument raison de conclure à leur affaissement par saccades. Comme pour les épanchements volcaniques de l'Islande (1), l'excès de poussée gravifique exercée par ces coraux et leur support l'emportant sur la résistance latérale des voussoirs d'encadrement, coraux et support se réajustent périodiquement et brusquement en donnant naissance à des couches coralliaires successives et d'autant plus élevées qu'elles sont plus récentes. *Cet étagement per descendum* caractéristique des mouvements centripètes est, comme l'a signalé A. de Lapparent (2), certainement exact pour la partie nord de la zone coralliaire du Pacifique.

En revanche, si l'on considère une île plus ou moins entourée de coraux constructeurs, on se trouvera alors en présence d'un haut voussoir en période d'érosion superficielle, donc de décharge. C'est dire qu'au cours de chacun de ses réajustements centrifuges, le voussoir, en s'élevant, emportera avec lui la partie interne de l'auréole coralliaire plaquée sur ses flancs. Dans ce cas, une faille-bordière périphérique séparera l'île centrifuge de l'auréole coralliaire du large. Après plusieurs rééditions de ce réajustement, l'observateur constatera l'existence d'une série de paliers coralliaires étagés, séparés par des failles-bordières, dont les plus anciens seront les plus élevés. *Cet étagement per ascensum* caractéristique des mouvements centrifuges, comme l'a également signalé A. de Lapparent (3), s'applique à la partie sud de la zone coralliaire du Pacifique.

Il pourra arriver que le réajustement centrifuge de l'île (haut voussoir) et que le réajustement centripète de son auréole coralliaire du large (bas voussoir) seront synchroniques; il se produira alors un réajustement antagoniste, où les observateurs, comme Semper (4) aux îles Pélew, reconnaîtront « que tous les types de récifs sont superposés de telle sorte qu'il

---

(1) G. Zeil, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 599.
(2) A. de Lapparent, *Traité de Géologie*, 5e édition, t. 1, p. 381.
(3) A. de Lapparent, *ouvr. cit.*, p. 381.
(4) Cité par A. de Lapparent, *ouvr. cit.*, p. 382.

faudrait, pour les expliquer, imaginer une succession de mouvements ascensionnels discordants ».

D'autre part, chaque réajustement, quel que soit son signe, nécessitant toujours des failles-bordières pour se produire, il arrivera fréquemment que des épanchements volcaniques issus de ces failles viendront, par leur masse en surcharge, compliquer encore la nature des réajustements en cours ou récents. Leur masse en excès pourra accentuer la descente des casiers centripètes ou diminuer l'exhaussement des casiers centrifuges, ou bien encore descendre pour leur propre compte.

Les travaux de Masson (¹), de Woolnough (¹) et d'Andrews (¹) ont montré qu'aux Nouvelles-Hébrides et qu'aux Fidji des épanchements andésitiques et basaltiques, issus de failles-bordières provoquées par les réajustements de ces îles, sont tantôt interstratifiés dans les calcaires coralliens et tantôt les recouvrent plus ou moins.

De ce rapide exposé, il ressort que les divers auteurs qui ont étudié les mouvements ascensionnels des coraux constructeurs ont émis des opinions généralisées ne s'appliquant qu'à des cas concrets, mais inopérantes pour les autres cas. Ici encore comme pour de nombreux autres faits géologiques, l'étude de chacune des deux séries de phénomènes opposés nés des ascensions antagonistes a créé deux séries de théories adverses que notre concept des réajustements lithosphériques nous permet de réunir en une seule et même théorie, celle de l'équilibre ascensionnel des divers voussoirs de l'écorce terrestre.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur quelques rayons auroraux observés le 22 mars 1920 et atteignant l'altitude de 500km.* Note de M. **Carl Störmer.**

L'aurore boréale du 22-23 mars dernier, observée aussi à Paris, fut photographiée par mes assistants et moi-même sous les conditions les plus favorables.

Nous avions en travail sept stations photographiques : Christiania, Bygdö, Oscarsborg, Horsen, Kongsberg, Fredrikstad et Dombaas, toutes reliées par téléphone et avec distances mutuelles variant de 26km à 244km. De ces stations, des photogrammes furent pris par ordre dans le téléphone, de manière que la même aurore fût photographiée simultanément soit de

(¹) Voir figures 235, 236, 237 et 239, dans *La Face de la Terre*, trad. Em. de Margerie.

deux stations, soit de trois stations à la fois. Comme l'heure fut observée et les appareils furent fixés vers les mêmes étoiles, on a tous les éléments nécessaires pour calculer l'altitude et la situation de l'aurore.

Nous obtînmes ainsi une collection unique de photogrammes; entre $7^h7^m$ et $16^h13^m$, temps de Greenwich, environ 620 photographies furent prises, dont 73 photogrammes de deux, et 50 de trois stations et encore 185 photographies ordinaires, parmi lesquelles un grand nombre de couronnes d'aurore servant à déterminer le point de radiation avec une grande exactitude [1].

Jusqu'ici quelques-uns seulement de ces photogrammes sont calculés. *Ils montrent pour les sommets des rayons auroraux des altitudes très grandes, de l'ordre de* 500$^{km}$ *au-dessus de la Terre.*

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'origine des Pommiers à cidre cultivés en Normandie et en Bretagne.* Note de M. **A. Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

Les Pommiers à cidre qui donnent lieu en France, à la suite des années de bonne production, à un commerce annuel d'environ 500 millions de francs sont loin d'avoir été étudiés avec autant de soin que les vignes. Pour le nord-ouest de la France, depuis un siècle, on en a décrit ou signalé de 500 à 1000 variétés, chiffre très incertain, car la synonymie de ces variétés est mal établie.

Suivant Truelle, Lecœur, Warcollier, etc., il en existerait en France plusieurs milliers de variétés, mais beaucoup ont une faible valeur cidrière et seraient à éliminer de nos vergers.

Leur origine est très mal connue. Jusqu'au siècle dernier on a admis qu'il existait une seule espèce linnéenne de Pommier, le *Malus communis* Lamk., renfermant à la fois tous les Pommiers sauvages et tous les Pommiers cultivés, en laissant de côté les *Malus* de l'Asie orientale et de l'Amérique du Nord qui sont des espèces bien différentes.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il nous paraît nécessaire de scinder le *Malus communis* en quatre espèces élémentaires susceptibles de s'hybrider entre elles, en produisant des races fertiles nombreuses, origine de toutes les sortes cultivées. Ce sont : *Malus acerba* Mérat, *M. dasyphylla* Borkh., *M. præcox* Borkh. (les deux réunis souvent sous le nom de *M. pumila* Mill.), enfin *M. prunifolia*. L'espèce *Malus acerba* a été créée en 1815 par Mérat

[1] Voir *Astronomische Nachrichten*, n° 5047, juin 1920.

pour des Pommiers spontanés qui vivent dans les forêts de presque toute l'Europe. Elle avait déjà été signalée antérieurement sous les noms de *M. spinosa* Roussel, Fl. Calvados (1806) et *M. sylvestris* Miller, Gard, Dict. (1759). C'est ce dernier nom, le plus ancien, qui doit être conservé.

Tous les auteurs français ont admis, en répétant une erreur de Mérat du Prodrome de A. P. de Candolle, que nos Pommiers à cidre dérivent du *M. acerba* et les Pommiers à couteau tireraient leur origine de *M. dasyphylla* Borkh.

L'examen que nous venons de faire de nombreuses variétés de Pommiers à cidre cultivés dans l'Ouest nous a amené à constater qu'aucun ne se rapporte au *M. acerba*, espèce bien caractérisée par ses feuilles et ses inflorescences glabres et par ses petits fruits très acerbes, mais qu'elles devaient être rattachées, comme les variétés de nos jardins, au *M. dasyphylla* Borkh.

Le *Malus acerba* est spontané dans les forêts de presque toute l'Europe et il y existe depuis la plus haute antiquité puisque c'est sans nul doute à cette espèce qu'il faut rapporter le *Malus* de l'époque des tourbières trouvé dans les forêts submergées de Belle-Ile-en-Mer (E. Gadeceau). Il était entretenu par les Celtes au milieu des forêts et considéré par les druides comme un arbre sacré à l'égal du chêne (Hoog). C'est le *Craib* des Anglais, alors que le Pommier se nomme *Apple tree*. Dans le nord-ouest de la France on le nomme *Bocquet* ou *Suret;* c'est la *Pommate* des paysans de l'Aube. Dans aucune région il n'est cultivé pour ses pommes, au moins à l'état pur, c'est-à-dire exempt d'hybridation, mais on le déterre souvent dans les bois pour en faire un porte-greffe pour les Pommiers cultivés. C'est la raison pour laquelle il est devenu rare ou a même disparu de certaines forêts. Il donne un cidre acerbe, pâle et très médiocre. Jusqu'au XI[e] siècle, il semble que ce soit la seule espèce qui ait été employée en France pour faire du cidre. On ne le cultivait pas, mais on en recueillait les fruits dans les bois.

Saint-Guénolé, qui vivait de 464 à 532 à Landrevec près la rivière de Châteaulin en Bretagne, ne buvait, d'après une chronique, que de l'eau et du jus de pommes sauvages. Au moine Robert Tortaire, habitué à boire du vin, on présenta à Bayeux, au début du XII[e] siècle, du cidre fait avec des pommes acerbes qui était très mauvais.

Enfin le sagace Léopold Delisle a retrouvé dans les archives normandes des textes du moyen-âge réglant les obligations des usagers récoltant les pommes sauvages dans les forêts. La boisson habituelle de la Normandie et de la Bretagne était alors la cervoise et non le cidre.

C'est à la fin du XI[e] siècle qu'il est question pour la première fois, dans les textes, de cidre de qualité consommé en Normandie. Nous admettons, avec l'abbé Rozier (1795), qu'au XI[e] siècle des greffes de bons Pommiers à cidre furent apportées du nord de l'Espagne (Biscaye et Asturies). Ces

introductions durèrent longtemps puisqu'au XVI^e siècle on importait encore dans le Cotentin des greffes de Pommiers de la Biscaye (Julien Le Paulmier). C'est dans la période comprise entre le XIV^e et le XVII^e siècle que la culture du Pommier s'étendit à une grande partie de la Normandie et de la Bretagne. L'espèce introduite d'Espagne était le *Malus dasyphylla* Borkh. originaire de l'Arménie et du Turkestan où l'explorateur G. Capus l'a trouvée spontanée dans les forêts en 1881. Sa culture s'était répandue dès la plus haute antiquité sur tout le pourtour du bassin méditerranéen et on la trouve aujourd'hui subspontanée dans les bois de Sicile (Todare), d'Espagne (Willkomm et Lange). Nous l'avons observée nous-même, croissant dans des circonstances analogues dans le département des Alpes-Maritimes vers 1000$^{m}$ d'altitude.

Cette espèce représentée dans sa patrie par de nombreuses races (*M. mitis*, *M. astracanica*, *M. Niedzwetzkyana*, etc.) a été le point de départ des variétés à fruits comestibles que l'on cultivait déjà en Egypte sous la 19^e dynastie (Joret) et dont certaines furent répandues dans les jardins romains (Pline) et gallo-romains (Palladius). Elle a également fourni les variétés de Pommiers à cidre à fruits aigres, doux ou amers, et c'est en Espagne, à une époque reculée, que la culture de ces variétés a pris naissance.

Le *Malus prœcox* Borkh. n'est autre chose que le Pommier Paradis ou Pommier Saint-Jean, employé comme porte-greffe par les horticulteurs pour obtenir les Pommiers nains cultivés dans les jardins. Il est originaire du sud-est de la Russie et de l'Asie Mineure et il paraît avoir été apporté en Europe à la suite des Croisades. Au XIV^e siècle, sous Charles VI, on en vendait déjà des plants à Paris sur le quai du Pont-au-Change (Sauval).

Enfin *M. prunifolia* Borkh. est originaire de l'Asie centrale et sa culture s'est répandue d'un côté vers la Sibérie et la Russie et de l'autre vers la Chine et le Japon (Rehder).

Les quatre espèces que nous venons de citer et leurs diverses races encore mal connues en se transformant par la culture ou en s'hybridant entre elles à des degrés divers ont fourni les sortes très nombreuses de Pommiers cultivés. Parfois, dans les pépinières, on voit réapparaître des récessifs présentant les caractères presque purs des parents. En croisant les sortes cultivées actuellement avec le *M. baccata* Borkh. ou avec d'autres espèces microcarpes d'Asie, on obtient des sortes plus résistantes au froid dont la culture tend à se répandre au Canada; mais elle n'a pas encore été tentée dans le nord-ouest de la France ainsi que dans nos montagnes où elle offrirait un grand intérêt.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés spectrales de la toxine tétanique.* Note [1] de M. **Fred Vlès** [2].

Nous avons pu effectuer sur la toxine tétanique une série de recherches de spectrophotométrie ultraviolette. La méthode de travail suivie a été une « méthode de différences » qui consiste essentiellement à établir, par mesures spectrophotométriques, une première courbe de l'absorption du complexe toxique (bouillon-toxine), courbe donnant, pour l'ensemble du spectre ultraviolet et en fonction de la longueur d'onde, les valeurs d'un coefficient $K_1 = \frac{\operatorname{colog} \frac{I}{I_0}}{cl}$ ($I_0$ et I étant les intensités de la radiation considérée à l'entrée et à la sortie du complexe, examiné sous une épaisseur $l$ et à une concentration $c$), puis à mesurer une seconde fois le même complexe, mais après une action ou une réaction effectuées sur lui, et à exprimer une seconde courbe $K_2$ du même coefficient. La courbe $K_1 - K_2 = f(\lambda)$, déduite des deux précédentes, *représente évidemment par différence le spectre de la substance chimique éliminée ou de l'état physique modifié par les réactions envisagées.*

Nous avons pu ainsi étudier l'action sur le complexe toxique : 1° du chauffage prolongé à 65°, qui annule ou atténue la propriété toxique de ce complexe ; 2° de l'antitoxine spécifique (sérum antitétanique).

1° *Chauffage.* — La courbe $K_1$ est faite sur le bouillon toxique initial, la courbe $K_2$ sur le même bouillon chauffé au bain-marie pendant une ou deux heures. Le spectre de ce qui est éliminé par le chauffage présente des caractères constants. Il est formé de trois minima photométriques qui constituent trois bandes : l'une ($\beta$) sur $285^{m\mu}$-$295^{m\mu}$, la seconde ($\alpha$), moins intense, vers $310^{m\mu}$ environ ; la troisième ($\gamma$) sur $275^{m\mu}$-$265^{m\mu}$. Ces trois bandes ont, dans les divers échantillons, des importances relatives inégales : $\alpha$ et $\beta$ ont des variations corrélatives à peu près correspondantes, et les rapports photométriques de leurs différentes régions restent numériquement d'un ordre de grandeur comparable ; il est possible qu'elles soient liées. La bande $\gamma$, au contraire, est tantôt beaucoup plus importante que les autres, tantôt presque

(1) Séance du 17 août 1920.

(2) Contenu d'un pli cacheté reçu dans la séance du 18 juin 1917, inscrit sous le n° 8409 et ouvert dans la séance du 9 août 1920.

nulle : il semble qu'elle dépende des conditions expérimentales (durée du chauffage). L'existence de bandes étroites dont les caractéristiques photométriques ont des valeurs relativement constantes implique un phénomène d'absorption supporté par des groupements moléculaires définis, et ne paraît pas pouvoir relever d'un autre phénomène optique qui serait indépendant de la nature chimique du substratum. Un phénomène parasite de diffusion ou de diffraction, par exemple, à variations provoquées par un effet secondaire de la réaction (augmentation de volume de granules colloïdaux, etc.) produirait simplement une perturbation photométrique diffuse, portant sur une très large plage spectrale. Nous sommes donc conduit à supposer que le complexe toxique renferme à ce moment soit deux corps indépendants $\alpha\beta$ et $\gamma$ en présence dans le bouillon et s'éliminant en quantités variables, soit un corps $\alpha\beta\gamma$ susceptible d'allier les deux sortes de groupements moléculaires en proportions diverses (suivant par exemple le cours d'une dislocation progressive).

2° *Action de l'antitoxine.* — Pour construire la courbe en K, on prend :

*a.* Le spectre du bouillon toxique initial, d'où un coefficient $K'$;

*b.* Le spectre du sérum antitoxique initial, d'où un coefficient $K''$.

On déduit de la courbe $K_1 = K' + K''$ la courbe $K_2$ obtenue sur le mélange *in vitro* toxine + antitoxine (laissés en présence une heure pour réaction, et ramenés à concentration convenable). Le corps éliminé par l'action de l'antitoxine présente également un spectre avec les trois bandes $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ reconnaissables à leurs caractéristiques d'absorption. Mais $\alpha$ et $\beta$ sont ici beaucoup plus fortes que dans le spectre du même échantillon altéré par chauffage à 65°; $\gamma$, au contraire, est, par rapport à ce témoin, plus réduite. Nous retrouvons donc les grandes lignes du phénomène que nous avait donné le chauffage.

Les résultats de l'action de la chaleur et de l'antitoxine sur le complexe toxique sont donc vraisemblablement l'élimination de deux groupements moléculaires de ce complexe, élimination étant prise au sens le plus large du mot et pouvant représenter aussi bien une simple séparation mécanique (début de précipitation par exemple) qu'une réaction chimique susceptible de modifier les caractéristiques spectrales des groupements tout en les laissant en solution (rupture de liaisons par exemple). Seule, une action physique du type de l'adsorption pure, amenant simplement l'enrobement des molécules sans que ce fait ait pour conséquence leur précipitation ou leur combinaison, ne doit pas entrer en ligne de compte.

Il y a lieu maintenant de se demander s'il ne peut pas exister de liaisons

entre l'un ou l'autre des groupements moléculaires servant de substratum aux spectres d'absorption que nous venons de décrire, et les caractéristiques toxiques dont la disparition est concomitante de l'élimination de ces groupements. La seule démonstration, à défaut d'un isolement dans lequel la spectrophotométrie suivrait pas à pas les fractionnements d'une analyse, consisterait à chercher un rapport quantitatif entre les caractéristiques d'absorption des corps $\alpha$, $\beta$ et $\gamma$ et les propriétés toxiques du mélange; mais il ne faut pas se dissimuler que cette démonstration, valable évidemment si elle était positive, n'aurait pas de signification si elle était négative : les groupements dont il s'agit pouvant être les chevilles d'une construction moléculaire beaucoup plus compliquée dont nous ne saisissons pas l'ensemble. Cependant la toute première approximation laisse entrevoir que, dans une évaluation grossière de la hauteur des bandes $\alpha$ et $\beta$ au-dessus du point le plus bas du spectre, ces hauteurs pourraient varier dans le sens de la toxicité. Pour trois échantillons de toxines cotés par les bactériologistes : $a = 10000$, $b = 20000$, $c = 30000$, les bandes ont donné : $a$, $\alpha = 1,5$, $\beta = 3,8$; $b$, $\alpha = 3,7$, $\beta = 4,4$ (chauffage); $c$, $\alpha = 8,5$, $\beta = 11,5$ (par antitoxine). La bande $\gamma$ obtenue par chauffage avait également dans ce dernier échantillon une cote très forte, mais d'autre part la cote de $b$ était plus faible que celle de $a$.

Il serait difficile et prématuré de construire une théorie sur les quelques indications précédentes; cependant il n'est peut-être pas inutile de chercher à relier provisoirement, à titre de pure hypothèse de travail, les divers processus auxquels nous venons d'assister. Nous pouvons le faire en supposant que les groupements $\alpha$, $\beta$ et $\gamma$ forment primitivement dans le bouillon toxique un corps unique, construit *par exemple* à la manière d'une protéide copulée; nous disons *par exemple* parce qu'aucun fait jusqu'ici ne nous autorise nettement à cette interprétation. La seule remarque qui puisse nous y inciter est que la bande $\gamma$ est très voisine d'occuper la place classique de la bande correspondante des matières protéiques (bande des noyaux phényliques des acides aminés cycliques), mais d'autres groupements moléculaires que le groupement phényle (noyau pyrimidique de certaines bases puriques, noyau indolique, etc.) pourraient aussi bien venir occuper la même place.

ANTHROPOMÉTRIE. — *Influence du milieu parisien sur la race.* Note de MM. **A. Marie** et **Léon Mac-Auliffe**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les chiffres fournis dans cette Communication sont le résultat de l'établissement de statistiques commencées en 1914, avec l'aide précieuse de M. Charles Prunier, inspecteur principal du Service d'Identité judiciaire.

Nous nous sommes posé les questions suivantes : le milieu parisien a-t-il une action profonde sur l'organisme humain? Est-il capable de modifier l'aspect morphologique de ceux qui y naissent? Existe-t-il des particularités de la forme chez les Parisiens issus de Parisiens? Quelles sont ces particularités?

Nos observations n'ont porté que sur des Parisiens des classes pauvres; elles n'en ont peut-être que plus d'intérêt. Nous en avons étudié 1509 qui se sont ainsi répartis :

| | | |
|---|---|---|
| Parisiens nés de parents provinciaux | 850 | cas |
| » d'un ascendant parisien et d'un ascendant provincial | 365 | » |
| » de parents parisiens | 294 | » |

Nos statistiques montrent que les Parisiens nés d'ascendants exclusivement parisiens sont plus petits, en moyenne, que ceux nés d'un ascendant provincial et d'un ascendant parisien. Ceux-ci, à leur tour, sont plus petits que ceux issus de parents provinciaux. La moyenne de la taille est en effet dans le premier cas de $1^{m},639$; dans le second de $1^{m},646$; celle de la troisième catégorie ($1^{m},654$) n'est pas différente de celle des Français en général dont les tailles les plus fréquentes sont comprises entre $1^{m},6446$ et $1^{m},6606$ (A. Bertillon).

Chez les Parisiens issus de Parisiens, déjà petits par conséquent en général, les hommes de très petite taille sont plus fréquents que chez les Parisiens issus d'un ascendant parisien et d'un ascendant provincial. Ceux-ci à leur tour présentent plus d'hommes très petits que leurs congénères issus de parents provinciaux.

Les hommes de haute taille subissent au contraire une proportion décroissante dans les trois catégories, si l'on part des Parisiens issus de provinciaux. La proportion est mathématique :

| | Parisiens. | | |
|---|---|---|---|
| | Issus de Parisiens. | Nés d'un ascendant provincial et d'un ascendant parisien. | Nés de provinciaux. |
| Au-dessous de 1m,60 (pour 100).... | 30,49 | 23,27 | 20,80 |
| Au-dessus de 1m,699 ( » ).... | 14,96 | 18,06 | 20,34 |

Nos statistiques confirment celles de Bertillon. Les Parisiens sont en moyenne sous-brachycéphales (indice céphalique : 81,1). Les Parisiens dont les parents sont exclusivement Parisiens tendent vers un type humain assez voisin du type *cérébral* étudié par nous en 1912 (1), c'est-à-dire que si la taille rapetisse, les diamètres craniens augmentent par rapport à la taille, en même temps que les membres se raccourcissent, tandis que le buste croît légèrement.

Mais cette augmentation de la capacité cranienne ne va pas sans déchets et n'est pas absolue : les microcéphales sont plus nombreux chez les enfants de Parisiens que chez les Parisiens issus de provinciaux et les grandes largeurs de tête suivent une proportion inverse :

| | Parisiens (taille de 1m,639 à 1m,654). | | |
|---|---|---|---|
| | Issus de Parisiens. | Nés d'un ascendant provincial et d'un ascendant parisien. | Nés de provinciaux. |
| Largeur de tête au-dessous de 0m,146 (p. 100). | 9,5 | 10,9 | 6,6 |
| Longueur de tête au-dessous de 0m,181 ( » ). | 13,9 | 12,6 | 12,1 |
| Largeur de tête au-dessus de 0m,159 ( » ). | 26,8 | 28,4 | 33,4 |

Le climat de Paris, sans doute la nébulosité de l'atmosphère (1597 heures d'ensoleillement annuel en moyenne), déterminent chez les Parisiens une faible pigmentation des yeux et des cheveux, qui tendent vers le blond. En effet les yeux peu pigmentés (à iris bleu, jaune, orange) se rencontrent 58 fois pour 100 chez les Parisiens issus de provinciaux et chez ceux dont l'un des ascendants est Parisien et l'autre provincial, chez les Parisiens nés de Parisiens 59 fois pour 100, alors que la proportion d'yeux peu pigmentés chez les Français n'est que de 42,52 pour 100. Au contraire, les yeux fortement pigmentés (à iris châtain ou marron) qui se rencontrent 38,87 fois

(1) A. Chaillon et L. Mac Auliffe, *Morphologie médicale* (Paris, Doin). Cf. aussi *Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 1910, etc.

pour 100 chez les Français en général ne s'observent plus que 23 fois pour 100 chez les Parisiens nés de parents provinciaux, 20 fois pour 100 chez les Parisiens nés d'un ascendant provincial et d'un ascendant parisien et 19 fois pour 100 seulement chez les Parisiens nés de Parisiens.

Le pourcentage des cheveux blonds est aussi bien intéressant :

| | Parisiens. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Nés de Parisiens. | Nés d'un ascendant provincial. et d'un ascendant parisien. | Nés de provinciaux. | Français. (6,652 observations). |
| Blonds (pour 100). | 33 | 23 | 17,5 | 12,34 |
| Châtains ( » ). | 65 | 74 | 81,5 | 85,10 |

Les cheveux roux, qui indiquent souvent une dégénérescence apparentée à l'albinisme, se rencontrent plus fréquemment à Paris (1,83 pour 100) que dans l'ensemble de la France (0,72 pour 100).

En résumé, le climat parisien et la vie urbaine créent des modifications de la forme humaine qui peuvent se définir ainsi : cheveux et yeux moins pigmentés que dans le reste de la France en général, développement cranien plus marqué par rapport à la taille, raccourcissement des membres.

La multiplicité et la richesse des excitations nerveuses, la vie physique moins intense, l'air confiné pourraient expliquer la création de ce type qui se rapproche du type cérébral. Malheureusement les mêmes causes favorisent une dégénérescence évidente qui se reflète dans l'augmentation proportionnelle des microcéphales, dans l'abaissement progressif de la taille et la diminution corrélative de la fréquence des hommes grands.

Le Tableau suivant résume les moyennes obtenues dans les trois catégories étudiées :

| | Parisiens. | | |
|---|---|---|---|
| | Issus de Parisiens (294 cas). | Nés d'ascendants parisien et provincial (365 cas). | Issus de Provinciaux (850 cas). |
| | m | m | m |
| Taille | 1,639 | 1,646 | 1,654 |
| Buste | 0,874 | 0,8758 | 0,8797 |
| Envergure | 1,682 | 1,691 | 1,697 |
| Tête : longueur | 0,1874 | 0,1881 | 0,1882 |
| » largeur | 0,1523 | 0,1521 | 0,1535 |
| Oreille droite | 0,0619 | 0,06248 | 0,0626 |

ZOOLOGIE. — *Le bourgeonnement chez les Antipathaires.* Note ([1]) de M. **J.-L. Dantan**, transmise par M. Henneguy.

Les auteurs qui ont étudié les Antipathaires n'ont observé que la place et la forme des bourgeons ; aucun n'a suivi le développement des diverses parties du polype, ce qui est cependant d'un très grand intérêt puisque nous ignorons complètement l'embryogénie de ces animaux : nous pouvons, en effet, admettre que la formation des blastozoïtes reproduit les transformations que subit l'embryon pour donner l'oozoïte.

L'édification des nouveaux individus paraît se faire avec une extrême rapidité, ce qui rend difficile la découverte des premiers stades; j'ai cependant pu les trouver dans deux espèces, le *Parantipathes larix* (Esper) et l'*Antipathella subpinnata* (Ellis et Solander).

L'étude, au moyen de coupes verticales perpendiculaires à l'axe de la branche, d'un très jeune bourgeon, dont aucun tentacule n'était encore ébauché, montre d'abord une prolifération de l'endoderme soutenue, en son milieu, par la mésoglée : c'est l'extrémité d'une des deux premières entérotoxelles. Celle-ci va ensuite se renfler dans sa partie la plus interne et, en même temps, la lame de mésoglée qu'elle contient se dilate à son extrémité, puis se divise en deux branches. La différenciation des cellules de cette région renflée s'effectue, elle aussi, peu à peu : elles deviennent plus hautes, plus serrées et leurs noyaux sont alors plus petits, plus allongés, plus chromophiles que ceux de l'endoderme. La partie libre de l'entérotoxelle s'est donc transformée en un entéroïde, tandis que sa partie basale, peu modifiée, constitue l'ébauche d'une des cloisons latérales.

Cette cloison devient mieux distincte lorsque l'on se rapproche du centre du bourgeon et, là, la partie interne renflée de l'entérotoxelle s'est aplatie, étalée, creusée en gouttière pour former une des deux moitiés de l'actinopharynx ; toutefois le passage de l'entéroïde à l'actinopharynx se fait si graduellement qu'il est impossible de préciser le point où commence l'un et où finit l'autre.

La transformation de l'entérotoxelle du côté opposé ayant marché de pair et les deux ébauches s'étant, en même temps, peu à peu soudées l'une à l'autre, nous avons un actinopharynx semblable à celui des polypes adultes, à cette différence près que ses cellules sont encore imparfaitement

---

([1]) Séance du 6 septembre 1920.

différenciées; de plus, la mésoglée qui le soutient est soudée à celle, *parfaitement continue*, de la paroi du corps, de sorte qu'il n'y a aucun rapport entre les entérotoxelles et le feuillet externe.

Je viens d'employer le terme d'*entérotoxelles*, créé par A. Krempf, pour désigner ces formations méso-endodermiques aux dépens desquelles prennent naissance non seulement, comme l'a montré ce naturaliste, les entéroïdes et l'actinopharynx, mais aussi les cloisons. Ce sont là les trois parties qu'elles forment dans leur état de différenciation le plus complet, mais elles peuvent ne produire chacune qu'une cloison et un entéroïde ou encore seulement une cloison; tous ces cas se rencontrent chez les Antipathaires et d'autres Cœlentérés.

Un autre bourgeon plus avancé, dont la bouche n'était pas encore ouverte, bien que, ce qui n'est pas la règle, les tentacules fussent déjà ébauchés, a montré les mêmes faits essentiels : l'apparition des deux entérotoxelles principales et leur différenciation en cloisons latérales, entéroïdes et actinopharynx. De plus, quatre nouvelles entérotoxelles se sont formées, mais elles ne donnent, dans les espèces étudiées, que les cloisons sagittales ou directrices. Enfin, dans la région où s'ouvrira la bouche, il y a amincissement de la mésoglée de la paroi du corps et, là, les cellules de l'ectoderme s'isolent du reste du feuillet pour constituer un bouchon qui sera expulsé, lors de la formation de l'orifice buccal, par la prolifération de la paroi interne de l'actinopharynx, où la multiplication des éléments est active, comme le montrent de nombreuses figures de division karyokinétique.

Un bourgeon plus âgé permet de constater que les cellules de l'actinopharynx s'étalent sur tout le pourtour de la bouche, de sorte que ses lèvres mêmes sont constituées par un tissu bien distinct de l'ectoderme.

Des cellules en voie de division indirecte ne se rencontrent pas seulement, comme je viens de le dire, dans l'actinopharynx, on en trouve également dans les parties superficielles des entéroïdes, de l'ectoderme et de l'endoderme, et l'on constate que leurs chromosomes sont volumineux, en forme de V et au nombre de six, chez le *Parantipathes larix*.

Enfin, j'ai pu observer que ce sont les tentacules sagittaux, correspondant aux loges directrices, qui se montrent les premiers et que leur apparition suit toujours celle des cloisons.

Il résulte de ces observations :

1° Qu'il y a d'abord formation, aux dépens de l'endoderme, de deux entérotoxelles;

2° Que ces entérotoxelles se différencient pour donner les cloisons laté-

rales, les entéroïdes et l'actinopharynx, et que, par suite, *ces deux derniers organes ne sont pas, comme on l'a admis jusqu'ici, d'origine ectodermique;* ce n'est que par un phénomène de convergence histologique qu'ils ont pris un aspect se rapprochant davantage de celui du feuillet externe, dont ils semblent n'être que la continuité, ce qui a fait croire aux auteurs qu'ils se formaient à ses dépens;

3° Que le jeune bourgeon n'a d'abord que ses deux cloisons latérales; puis, qu'il apparaît, à peu près au moment où se forme la bouche, quatre autres entérotoxelles qui ne donnent que les cloisons sagittales. Nous avons alors le stade réalisé, chez l'adulte, dans les genres *Cladopathes* et *Sibopathes;*

4° Que, contrairement à ce que l'on a observé chez les Hexactinidés, les cloisons apparaissent au plafond de la cavité gastro-vasculaire;

5° Que le développement des entéroïdes n'est pas, comme chez les Hexactinidés, en retard sur celui des cloisons : leur différenciation se fait en même temps, peut-être même un peu plus tôt;

6° Que la multiplication des cellules se fait par division indirecte, au moins à la surface des feuillets, d'où il résulte qu'une partie des éléments ne se forme pas dans la partie profonde des tissus.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

É. P.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 20 SEPTEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *Les canaux sécréteurs radiaux du bois.* Note de M. **Henri Lecomte.**

Les canaux sécréteurs contenus dans les tissus de la tige et de la racine affectent le plus souvent une direction parallèle à la longueur de l'organe et, dans ce cas, on peut les désigner sous le nom de *canaux sécréteurs longitudinaux.*

La présente Note a pour objet de montrer qu'un système de *canaux sécréteurs radiaux* peut, chez un grand nombre de plantes, se superposer au premier et le compléter.

Des canaux sécréteurs radiaux avaient déjà été signalés par divers observateurs, mais au titre de dispositions exceptionnelles.

C'est ainsi que Trécul, dans son travail intitulé : *Des vaisseaux propres dans les Térébinthacées,* avait montré l'existence de canaux sécréteurs dans les rayons médullaires de *Rhus viminalis* Ait. : « J'ai trouvé de ces vaisseaux propres, dépourvus de membrane, passant de l'écorce dans le bois, comme dans les plus beaux exemples de laticifères munis d'une membrane particulière (1). »

Dans son *Manuel technique d'Anatomie végétale* (trad. franç., p. 130; 1886), Strasburger s'exprime de la façon suivante au sujet du bois de *Pinus sylvestris* : « Dans les plus grands des rayons médullaires, nous voyons courir horizontalement un canal sécréteur, et cette observation nous

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5e série, t. 7, 1867, p. 118.

permet de supposer que les canaux verticaux et les horizontaux communiquent entre eux. »

A. Thil (*Constitution anatomique du bois*, Paris, 1900) fait une brève allusion (p. 13) à l'existence de ces canaux radiaux, sans préciser d'ailleurs les genres et les espèces présentant cette particularité et en émettant, en outre, une explication erronée de leur mode de formation, car il les croit simplement dus à la fonte des cellules.

Enfin, en 1909, Martin-Lavigne (*Recherches sur les bois de la Guyane*) figurait (p. 89) des canaux sécréteurs dans les rayons médullaires d'un bois attribué à une Burséracée, *Icica altissima* Aubl., dont la détermination reste douteuse.

L'existence de canaux radiaux contenus dans les rayons médullaires était donc, pour la première fois, mise en évidence par Trécul en 1867. Et cependant, peu de temps après, van Tieghem, dans son important Mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes ([1]), avançait, au contraire, que chez les Anacardiacées et Burséracées (réunies anciennement sous le nom de Térébinthacées) les canaux sécréteurs ne se rencontrent que dans le liber primaire ou secondaire et, pour quelques espèces, au pourtour de la moelle. Cette assertion de van Tieghem, en opposition avec le fait avancé par Trécul, était ensuite confirmée par M[lle] Leblois ([2]).

Les faits précis concernant la présence de canaux sécréteurs dans les rayons médullaires, se trouvaient donc réduits jusqu'à ce jour à deux ou trois et pouvaient être considérés comme exceptionnels. C'est ce qui nous a déterminé à grouper les observations que nous avons eu l'occasion de faire.

D'abord, en ce qui concerne les Conifères, nous avons rencontré des canaux sécréteurs radiaux très nets, contenus dans les rayons médullaires, chez les genres *Pinus*, *Picea* et *Larix*. Les espèces du genre *Pinus* chez lesquelles nous avons trouvé des canaux sécréteurs radiaux sont : *P. sylvestris* L., *P. Cembra* L., *P. Strobus* L., *P. Laricio* Poir., *P. halepensis* Mill., *P. mitis* Michx., *P. australis* Michx., *P. rigida* Mill., *P. bruttia* Tenore, *P. Pinea* L., *P. insularis* Endl., *P. Merkusii* Jungh. Le même fait a été observé par nous chez *Picea excelsa* Link et *P. nigra* Link et enfin dans le bois de *Larix europœa* D. C.

Au contraire, les canaux radiaux nous ont paru faire complètement défaut dans le bois de diverses espèces des genres *Abies*, *Cedrus*, *Cunnin-*

---

([1]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5e série, t. 16, p. 172.

([2]) *Ibid.*, 7e série, t. 6, p. 294, et tirés à part, p. 48.

*ghamia*, *Thuya*, *Dacrydium*, *Araucaria*, *Podocarpus*, *Keteleeria*, *Phyllocladus*, *Fookienia* et *Juniperus* (¹).

En résumé on peut dire que chez les genres *Pinus*, *Picea* et *Larix*, il existe toujours des canaux sécréteurs radiaux contenus dans les rayons du bois, en même temps que des canaux sécréteurs longitudinaux.

L'examen du bois de diverses Anacardiacées nous a fourni l'occasion de rencontrer des canaux sécréteurs radiaux chez *Parishia Malabog* Merr., des Philippines; *Melanorrhœa laccifera* Pierre, d'Indochine; *Swintonia Pierrei* Hance, d'Indochine; *Spondias mangifera* Willd., d'Indochine; *Spondias lakonensis* Pierre, d'Indochine.

Nous avons recherché en vain la même structure chez les diverses espèces des genres *Mangifera* et *Dracontomelum*.

Certaines Anacardiacées possèdent donc des canaux radiaux et les autres en manquent. Avec *Rhus viminalis* Ait., signalé par Trécul, le nombre des espèces à canaux radiaux s'élève actuellement à six.

En ce qui concerne les Burséracées, nous devons reconnaître que si nous avons observé des canaux sécréteurs radiaux dans deux bois de nos collections attribués à des Burséracées, mais dont nous n'avons pas eu la possibilité de vérifier personnellement la détermination : *Protium acuminatum* W. et A. et *Bursera gummifera* L., nous devons ajouter que ces canaux nous ont paru manquer chez plusieurs espèces de *Canarium* bien authentiques, d'Indochine, de même que chez *Aucoumea Klaineana* Pierre, de la côte d'Afrique.

Si la présence des canaux sécréteurs radiaux est indiscutable chez les Anacardiacées, elle reste donc problématique chez les Burséracées.

Dans le travail signalé plus haut, Trécul ajoute au sujet de *Rhus viminalis* Ait. : « Ce qu'il y a de singulier, c'est que ces vaisseaux, dont il y a quelquefois deux dans le même rayon médullaire, ne communiquent pas avec ceux de la moelle. »

Nous avons porté notre attention sur ce point, en particulier au sujet du bois de *Spondias lakonensis* Pierre, dont nous avons étudié des branches de $7^{mm}$-$8^{mm}$ de diamètre.

Dans le bois de cette espèce, on peut constater d'abord la présence de canaux sécréteurs longitudinaux, les uns situés dans la partie extérieure du liber primaire, les autres au pourtour de la moelle, et ces deux groupes de

---

(¹) Bien entendu, les résultats négatifs ne peuvent être considérés comme définitifs, car les canaux peuvent être rares et échapper à l'observation.

canaux paraissent indépendants l'un de l'autre. Ils existent seuls, tant que l'organe présente la structure primaire.

Au moment où s'établit la structure secondaire, se forment, dans le liber secondaire, de nouveaux canaux sécréteurs longitudinaux situés en dedans de ceux que possède le liber primaire et en général plus petits que ces derniers. En même temps, il se développe, et par le même procédé schizogène, des canaux dirigés horizontalement et situés dans quelques-uns des rayons médullaires. Ces derniers canaux sont en communication avec les canaux longitudinaux d'origine secondaire, mais ils ne communiquent ni avec ceux de la moelle, ni avec ceux qui se sont développés les premiers dans le liber primaire.

Les Anacardiacées peuvent donc posséder dans la tige des canaux sécréteurs qui sont les uns d'origine primaire, les autres d'origine secondaire. Ces deux systèmes paraissent indépendants l'un de l'autre.

Les canaux sécréteurs d'origine secondaire comprennent toujours des canaux formés dans le liber secondaire et affectant une direction parallèle à l'axe de l'organe. Chez les espèces signalées précédemment, ces canaux longitudinaux se compliquent de ramifications transversales qui pénètrent dans les rayons médullaires et n'ont aucune communication avec ceux de la moelle.

L'indépendance signalée par Trécul entre les canaux des rayons et ceux de la moelle pour *Rhus viminalis* Ait. se vérifie donc pour d'autres espèces et constitue probablement la règle.

Il y a lieu, par conséquent, dans l'étude de la structure des tiges et des racines, de tenir compte des *canaux sécréteurs radiaux*, qui peuvent exister concurremment avec les *canaux sécréteurs longitudinaux*.

M. J. **Costantin** fait hommage à l'Académie du fascicule 6, Tome II, des *Annales des Sciences naturelles : Botanique*.

## CORRESPONDANCE.

MM. **Maurice Arthus**, **Paul Bertrand** et **Ch. Dhéré** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions hypercylindriques dans l'espace à $n+2$ dimensions.* Note [1] de M. **Pierre Humbert**.

La fonction $G(\alpha, \beta, \gamma, x, y)$ que nous avons définie dans notre dernière Note [2] s'introduit également quand on cherche les fonctions hypercylindriques dans l'espace à $n+2$ dimensions, c'est-à-dire des solutions de l'équation de Laplace

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x_1^2}+\frac{\partial^2 U}{\partial x_2^2}+\ldots+\frac{\partial^2 U}{\partial x_{n+2}^2}=0,$$

où l'on fait le changement de variables

$$\begin{aligned}
x_1 &= \rho \sin\theta \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \ldots \sin\varphi_{n-2} \sin\varphi_{n-1},\\
x_2 &= \rho \sin\theta \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \ldots \sin\varphi_{n-2} \cos\varphi_{n-1},\\
x_3 &= \rho \sin\theta \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \ldots \cos\varphi_{n-2},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
x_n &= \rho \sin\theta \cos\varphi_1,\\
x_{n+1} &= \rho \cos\theta,\\
x_{n+2} &= t.
\end{aligned}$$

L'équation prend alors la forme

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial}{\partial\rho}\left[\rho^n \sin^{n-1}\theta \sin^{n-2}\varphi_1 \ldots \sin\varphi_{n-2}\frac{\partial U}{\partial\rho}\right]+\frac{\partial}{\partial\theta}\left[\rho^{n-2}\sin^{n-3}\theta\sin^{n-2}\varphi_1\ldots\sin\varphi_{n-2}\frac{\partial U}{\partial\theta}\right]\\
&+\sum_{i=1}^{i=n-1}\frac{\partial}{\partial\varphi_i}\left[\rho^{n-2}\sin^{n-3}\theta\sin^{n-4}\varphi_1\ldots\sin^{n-i-2}\varphi_{i-1}\sin^{n-i-1}\varphi_i\sin^{n-i-2}\varphi_{i+1}\ldots\sin\varphi_{n-2}\frac{\partial U}{\partial\varphi_i}\right]\\
&+\frac{\partial}{\partial t}\left[\rho^n\sin^{n-1}\theta\sin^{n-2}\varphi_1\ldots\sin\varphi_{n-2}\frac{\partial U}{\partial t}\right]=0,
\end{aligned}$$

et l'on en cherchera des solutions du type

$$U=f_0(t)f_1(\varphi_1)\ldots f_{n-1}(\varphi_{n-1})V(\rho,\theta).$$

Indiquons, sans entrer dans le détail des calculs, le résultat qu'on peut obtenir.

Si $\lambda$ et $\mu$ sont des nombres entiers, et $\nu$ un nombre quelconque, désignons par le symbole

$$C^{\nu}_{\lambda,\mu}(z)$$

---

(1) Séance du 13 septembre 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 490.

la fonction

$$(1-z^2)^{\frac{\nu}{2}} \frac{d^\nu}{dz^\nu} C_\lambda^\nu(z),$$

c'est-à-dire la fonction qui joue par rapport au polynome $C_\lambda^\nu$ de Gegenbauer le même rôle que la fonction adjointe de Legendre, $P_n^m$, par rapport au polynome $P_n$ de Legendre. Cette fonction $C_{\lambda,\mu}^\nu(z)$ vérifie l'équation différentielle

$$\frac{d^2 u}{d\varphi^2} + 2\nu \cot\varphi \frac{du}{d\varphi} + u\left[\lambda(\lambda+2\nu) - \frac{\mu(\mu+2\nu-1)}{\sin^2\varphi}\right],$$

où $\cos\varphi = z$, et se réduit à $P_\lambda^\mu$ pour $\nu = \frac{1}{2}$.

Rappelons enfin que nous avons posé

$$G(\alpha, \beta, \gamma, x, y) = \lim_{M \to \infty} F_3\left(\alpha, M, \beta, M, \gamma, x, \frac{y}{M^2}\right) = \sum_m \sum_n \frac{(\alpha, m)(\beta, m)}{(\gamma, m+n)} \frac{x^m y^n}{m!\, n!}.$$

On vérifiera alors que, les $m_i$ étant des entiers arbitraires, une solution de l'équation de Laplace est

$$\begin{aligned} U = e^{Kt} \cos m_1 \varphi_{n-1} C_{m_2,m_1}^{\frac{1}{2}}(\cos\varphi_{n-2}) C_{m_3,m_2}^{1}(\cos\varphi_{n-3}) \ldots C_{m_{n-1},m_{n-2}}^{\frac{n}{2}-1}(\cos\varphi_1) \\ \times \frac{\operatorname{tang}^{m_{n-1}}\theta}{\cos^{n-1}\theta} G\left(\frac{m_{n-1}+n}{2}, \frac{m_{n-1}+n-1}{2}, \frac{n+1}{2}, 1+\operatorname{tang}^2\theta, -\frac{K^2\rho^2}{4}\right). \end{aligned}$$

En faisant $n = 2$, nous retrouvons bien le résultat de notre dernière Note.

La fonction hypersphérique zonale dans l'espace à $n+2$ dimensions s'obtiendra en annulant tous les $m$. Ce sera donc

$$V'(\rho, \theta) = \frac{1}{\cos^{n-1}\theta} G\left(\frac{n}{2}, \frac{n-1}{2}, \frac{n+1}{2}, 1+\operatorname{tang}^2\theta, -\frac{K^2\rho^2}{4}\right).$$

En particulier, si $n = 1$, nous sommes dans l'espace à trois dimensions et nous aurons alors

$$V'(\rho, \theta) = G\left(\frac{1}{2}, 0, 1, 1+\operatorname{tang}^2\theta, -\frac{K^2\rho^2}{4}\right) = \sum_n \frac{1}{(1, n)} \frac{\left(-\frac{K^2\rho^2}{4}\right)^n}{n!} = J_0(K\rho),$$

ce qui s'accorde bien avec ce que l'on sait de la fonction cylindrique zonale.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur les ensembles de mesure nulle à plusieurs dimensions*. Note de **M. S. Stoïlow**.

Les ensembles de points qui font partie d'un espace à un nombre quelconque de dimensions présentent certaines propriétés résultant de leur grande variété de structure, dont les analogues, même quand elles existent, sont beaucoup plus difficiles à saisir dans un ensemble linéaire. C'est ce fait qui m'a conduit à l'idée de me servir des ensembles à plusieurs dimensions pour essayer de classer les ensembles linéaires de mesure nulle d'une manière indépendante de leur mode de formation [1]. Dans cette Note je me propose seulement d'attirer l'attention sur une propriété des ensembles de points situés dans un espace à un nombre quelconque (plus grand que 1) de dimensions et dont la *mesure* (au sens actuellement adopté pour ce terme, qui est celui de MM. Borel et Lebesgue) est nulle.

Pour plus de simplicité, je me bornerai aux ensembles situés dans un espace à deux dimensions; il va de soi que des remarques toutes analogues s'appliquent aux ensembles à un nombre quelconque de dimensions plus grand que 2.

Soit donc E un ensemble de points situés dans un plan et définis par leurs coordonnées cartésiennes $x$ et $y$. Je supposerai cet ensemble borné et de mesure *superficielle* nulle. En général, les ensembles linéaires $E_x$ et $E_y$, qui sont les projections de E sur les deux axes de coordonnées (qui ne sont d'ailleurs pas nécessairement rectangulaires), ne seront pas de mesure *linéaire* nulle. Soient donc $l_x$ et $l_y$ leurs mesures *extérieures* (au sens de M. Lebesgue). Nous allons faire subir à l'ensemble E une transformation définie par

$$X = f(x, y), \qquad Y = \varphi(x, y), \tag{1}$$

où $f(x, y)$ et $\varphi(x, y)$ sont supposées continues, ayant des dérivées continues, des deux premiers ordres au moins, et telles que la transformation qu'elles définissent soit biunivoque dans une région limitée du plan contenant l'ensemble E. On pourra partager cette région en plusieurs autres telles que dans chacune d'elles les dérivées premières de $f(x, y)$ et de $\varphi(x, y)$ gardent le même signe.

Considérons, en particulier, celle de ces régions où $f_x$ et $f'_y$ sont posi-

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 766.

tives, en supposant, pour fixer les idées, que $f(x, y)$ soit telle qu'une pareille région existe.

Envisageons maintenant une suite de parallélogrammes de côtés parallèles aux axes,

$$a_0, \quad a_1, \quad a_2, \quad \ldots, \quad a_i, \quad \ldots,$$

et tels que chaque point de $E_1$ se trouve dans l'un au moins de ces parallélogrammes et désignons par

(2) $$x'_i, x''_i \quad \text{et} \quad y'_i, y''_i$$

les coordonnées des sommets de $a_i$, de façon que

$$x''_i > x'_i \quad \text{et} \quad y''_i > y'_i.$$

On aura alors évidemment

$$\Sigma X''_i - X'_i = \Sigma (x''_i - x'_i) f'_{x'_i} + \Sigma (y''_i - y'_i) f'_{y'_i} + \Sigma (x''_i - x'_i)^2 f''_{x'^2_i} + \ldots,$$

en désignant par $X'_i$, $X''_i$ et $Y'_i$, $Y''_i$ les valeurs des seconds membres de (1) pour les valeurs (2) des variables.

L'ensemble E, et donc $E_1$ *a fortiori*, étant de mesure superficielle nulle, on pourra prendre les $a_i$ aussi petits que l'on voudra. On aura donc, à la limite, en désignant par $L_x$ et $L_y$ les quantités analogues à $l_x$ et $l_y$ pour le transformé de $E_1$, l'inégalité-égalité

$$L_x \leqq \int f'_x \, dx + \int f'_y \, dy;$$

les signes $\int$ désignent les intégrales de Lebesgue prises le long des ensembles $E_x$ et $E_y$, ou les valeurs supérieures de ces intégrales dans le cas où les ensembles $E_x$ et $E_y$ ne seraient pas mesurables.

Mais il est facile de voir que cette relation est toujours une égalité. On peut en effet prendre toujours les intervalles $X''_{i+1} - X'_i$ assez petits pour que la somme

$$\Sigma X''_{i+1} - X'_i$$

soit aussi voisine que l'on voudra de $L_x$ et l'on obtiendrait alors l'inégalité inverse. On a donc

(3) $$L_x = \int f'_x \, dx + \int f'_y \, dy,$$

et évidemment pour $L'_y$ une égalité analogue.

Ceci est valable dans la région où $f'_x$ et $f'_y$ sont positives à la fois; on

peut considérer la frontière de cette région comme en faisant partie; quant aux autres régions, on pourra y changer $x$ en $-x$ ou $y$ en $-y$, suivant le cas, et y obtenir des égalités analogues à (3), aux signes près, pour les autres parties de E.

De (3) il résulte immédiatement que si un ensemble de points d'un plan possède deux projections, suivant deux directions différentes situées dans le plan, de mesure *linéaire* nulle, il en est de même de *toutes les projections des ensembles obtenues en transformant* E *par* (1).

On voit ainsi, en particulier, que les ensembles superficiels de mesure nulle peuvent être classés en deux grandes catégories : l'une contenant ceux dont la projection suivant une seule direction *au plus* peut être de mesure linéaire nulle, l'autre contenant ceux dont *toutes* les projections sont de mesure linéaire nulle.

Ces derniers ensembles jouent un rôle important dans la classification des ensembles linéaires de mesure nulle, que j'ai indiquée dans la Note citée plus haut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur la recherche des points singuliers d'une fonction définie par un développement en série de Taylor.* Note [1] de M. **J. Soula.**

1. Je considère deux séries de Taylor

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n, \qquad \sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n$$

dont les rayons de convergence ne sont ni nuls ni infinis. J'effectue le prolongement analytique de ces séries en suivant des chemins qui ne font le tour d'aucun point singulier, et je définis ainsi deux fonctions analytiques que je désigne respectivement par $f(x)$ et $\varphi(x)$.

Je considère ensuite le résultat de la combinaison de ces deux fonctions par l'opération de M. Hadamard, et je pose

$$\mathrm{H}[f, \varphi] = \sum_{n=0}^{\infty} a_n b_n x^n.$$

On sait que la nouvelle fonction, que je définis ainsi, sera régulière en

(1) Séance du 16 septembre 1920.

tout point autre que les points d'affixe $\alpha\beta$, $\alpha$ étant un point singulier de $f(x)$ et $\beta$ un point singulier de $\varphi(x)$.

On sait que M. Borel [1] a montré qu'un tel point $\alpha\beta$ n'est pas toujours point singulier de $H[f, \varphi]$. Le point $\alpha\beta$ peut être régulier en particulier, s'il existe deux autres points singuliers de $f(x)$ et $\varphi(x)$, que je désigne respectivement par $\alpha'$ et $\beta'$, tels que $\alpha\beta = \alpha'\beta'$, $\alpha \neq \alpha'$, $\beta \neq \beta'$. Je dirai, dans ce dernier cas, que $\alpha\beta$ peut être obtenu plusieurs fois. La singularité $\alpha\beta$ peut disparaître sans que $\alpha\beta$ soit obtenu plusieurs fois.

On est donc conduit à distinguer deux catégories de points singuliers : uu point singulier $\beta$ de $\varphi(x)$ peut être tel que $H[f, \varphi]$ admette $\alpha\beta$ comme point singulier, quelle que soit la fonction $f(x)$, toutes les fois que $\alpha\beta$ ne peut être obtenu qu'une seule fois. C'est ce qui se produit si $\beta$ est un pôle, comme cela résulte des remarques de M. Borel, relatives au théorème de M. Hadamard. Il se peut, au contraire, que la singularité en $\beta$ de $\varphi(x)$ soit telle que $H[f, \varphi]$ soit régulière en $\alpha\beta$ quand on choisit convenablement $f(x)$, et cela sans qu'on se trouve dans le cas banal où $\alpha\beta$ est obtenu plusieurs fois.

Je dirai que les points singuliers de la première catégorie sont des points singuliers principaux.

Je suppose qu'une fonction $\varphi(x)$ possède le point singulier $\beta$ et que l'on puisse écrire

$$\varphi(x) = \varphi_1(x) + \Phi(x),$$

$\varphi_1(x)$ étant la partie irrégulière pour $x = \beta$, je veux dire par là que $\varphi(x)$ ne possède pas d'autre singularité que $x = \beta$ et que $\Phi(x)$ est régulière en $\beta$. La question de savoir si $x = \beta$ est singulier principal pour $\varphi(x)$ ne dépend que de la partie irrégulière $\varphi_1(x)$ comme on le verra aisément. Il est donc naturel de supposer que $\varphi(x)$ ne possède qu'un point singulier et de chercher à quelle condition ce point est principal.

Je ne signale ici que le critérium suivant : Si la fonction $\varphi(x)$ n'a qu'un point singulier $\beta$ à distance finie, pour que ce point soit principal, il est nécessaire et suffisant que la fonction $\psi(x) = \sum \frac{x^n}{a_n}$ ait un rayon de convergence différent de zéro et qu'elle ne possède pas d'autre singularité que $\frac{1}{\beta}$ à distance finie.

---

(1) Borel, *Sur les singularités des séries de Taylor* (*Bull. de la Soc. math. de France*, t. **26**).

La démonstration utilise les égalités

$$H[\varphi, \psi] = \frac{1}{1-x}, \qquad H\big[\psi, H[f, \varphi]\big] = f(x).$$

De la proposition précédente on peut déduire que si $\varphi(x)$ ne possède, pour toute singularité à distance finie, que le point singulier principal $\beta$ la suite $\sqrt[n]{|a_n|}$ n'a qu'une limite.

Ces deux propriétés peuvent permettre de reconnaître, dans certains cas, si un point singulier est ou n'est pas principal. Les pôles sont des points singuliers principaux et il en existe bien d'autres. Par contre, la fonction

$$\varphi(x) = \sum e^{n[-1+\cos(\mathrm{L}\,n)^\theta]} \qquad (0 < \theta < 1)$$

ne possède que le point singulier 1 [1] qui n'est pas principal.

La considération des points singuliers principaux peut être utile pour déterminer les points singuliers d'une fonction définie par un développement de Taylor. Parmi les problèmes où cette notion peut intervenir, je signale le suivant : On se donne une fonction analytique $\rho(x) = \Sigma a_n x^n$ qui ne possède, sur son cercle de convergence du rayon R, que le point singulier $\beta$ principal et isolé. Elle admet d'autres points singuliers $\beta_1$, $\beta_2$, .... On se propose de chercher les points singuliers de la fonction $\psi(x) = \sum \frac{x^n}{a_n}$. Cette recherche est basée sur l'égalité

$$H[\varphi, \psi] = \frac{1}{1-x}.$$

Sur son cercle de convergence, $\psi(x)$ n'admet que le point singulier $\frac{1}{p}$. Les autres points singuliers $\gamma$ de $\psi(x)$ sont tous donnés par la formule

$$\gamma = \frac{\beta_1 \beta_2 \ldots \beta_p}{\beta^{p+1}},$$

les facteurs du numérateur étant des points singuliers de $\varphi(x)$, qui ne sont pas nécessairement distincts.

---

(1) FABRY, *Sur les séries de Taylor* (*Acta math.*, t. 22).

CHRONOMÉTRIE. — *Interprétation géométrique de la méthode Résal-Caspari.* Note de M. J. ANDRADE.

La méthode de Résal utilisée par Caspari pour l'étude du spiral de Le Roy est susceptible d'une interprétation utile que j'énoncerai ainsi :

*La pression complémentaire du couple d'encastrement qu'un spiral cylindrique simple transmet par sa virole au balancier a une composante transverse dirigée suivant la droite joignant la virole au point* $Q_1$, *projection du piton* Q *sur le plan transverse de cette virole* W ; de plus, si l'écart $u$ du balancier est compté dans le sens où le spiral se ferme, cette force *est répulsive*, et pour un spiral de Le Roy sa valeur est

$$u\frac{2EI}{R^2}\frac{1}{P^2}\frac{\overrightarrow{Q_1W}}{R}C;$$

EI, moment élastique pour la flexion de la section du spiral; R, le rayon de virole; P, étendue angulaire du spirale, ici égale à $\left(2n \pm \frac{1}{2}\right)\pi$; C, coefficient dont l'expression est

$$C = \frac{\left(1 + \frac{u}{P}\right)^2}{1 + \frac{\cos u}{P} - \frac{4}{P^2} + \frac{u}{P} - \frac{4\sin u}{P^2}}.$$

Pour $u < 0$, cette répulsion se change en attraction.

Conséquence pour le doublet à viroles coïncidentes, formé d'éléments égaux :

Sur la virole commune aux deux éléments de ce doublet, et vu la petitesse de $\frac{1}{P}$, *la pression complémentaire résultante* sur la virole se réduit à une force parallèle à un diamètre du balancier dont la direction, fixe dans l'espace, est dans le plan longitudinal contenant l'axe du balancier et les deux pitons, la valeur de cette force est sensiblement égale à $\frac{4EI}{R^2}\frac{1}{P^2}u$.

Cette interprétation signale et corrige immédiatement une erreur de calcul qui s'est glissée à la fin de ma dernière Note dont l'exemple final doit être ainsi corrigé :

La pression complémentaire transverse exercée sur la virole commune du doublet sinusoïdal engendre un roulement frottant sur le collier de l'appui latéral supérieur et dont la valeur, proportionnelle au produit $u \sin u$, fonc-

tion paire, ne produit qu'une perturbation d'isochronisme de l'ordre du carré de cette cause; cette perturbation ne s'aggrave que pour les perturbations séculaires ou à longue période qui sont liées à la vieillesse des huiles.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Valeurs de l'aplatissement de la Terre obtenues par le calcul et par les mesures.* Note de M. **Alex. Véronnet**, transmise par M. P. Appell.

H. Poincaré avait montré, par une remarque géniale sur une formule étudiée déjà par Tisserand et Radau, que l'inverse de l'aplatissement $e$ de la Terre ne pouvait pas être inférieur à 297,10 quelle que fût la loi des densités à l'intérieur. Cette déduction supposait seulement que la Terre tournait tout d'une pièce et elle utilisait uniquement le rapport $\varphi$ de la force centrifuge à l'attraction et le rapport J relatif aux moments d'inertie de la Terre, rapport déterminé par le coefficient de précession.

J'ai pu, dans ma Thèse ([1]), déterminer une *limite supérieure extrêmement voisine*, basée sur les mêmes conditions, et qui donnait en première approximation, en négligeant $e^2$,

$$297,10 \leqq \frac{1}{e} \leqq 297,39 \qquad \text{ou} \qquad \frac{1}{e} = 297,25 \pm 0,15.$$

Plus de 20 calculs numériques, faits avec différentes lois de densité, donnent toujours, à quelques centièmes près seulement, des nombres voisins de 297,17, valeur la plus probable.

Comme dans les mesures géodésiques et celles de la variation de la pesanteur, on tient compte de $e^2$, j'ai calculé ce que devenaient ces limites en seconde approximation. Je tiens à rectifier une légère erreur qui m'avait donné des nombres trop faibles de 0,5 ([2]). Dans la formule (109), il faut $2(e\eta)$ au lieu de $4(e\eta)$. Les corrections relatives à $e^3$ sont négligeables et l'on obtient, en toute approximation, les limites

$$296,73 \leqq \frac{1}{e} \leqq 297,50 \qquad \text{ou} \qquad \frac{1}{e} = 297,12 \pm 0,38,$$

avec la valeur probable 297,19 donnée par les diverses lois de densité, avec

([1]) *Journal de Math.*, 1912, p. 390.
([2]) *Journal de Math.*, 1912, p. 414.

moins de 0,1 d'écart. La valeur 297,2 pourrait être choisie comme la plus sûre pour l'ellipsoïde de référence auquel on rapporte le géoïde et les mesures géodésiques.

On montre facilement (p. 391) que les erreurs sur $\Phi$ et J introduisent des erreurs égales sur la valeur de $1 : e$. On peut être assuré ainsi des centièmes.

Pour le calcul de l'aplatissement au moyen du pendule ou de la *variation de la pesanteur*, les nombres calculés sont à peine modifiés. Le terme en $\cos^4 l$, introduit dans l'expression de $g$, varie dans des limites assez étroites. Sa valeur calculée (p. 417) est pratiquement nulle, avec toutes les lois de densité connues, ce qui est vérifié d'ailleurs par les observations du pendule. (On peut noter qu'Helmert (*Höhere Geodäsie*, t. 2, p. 77) avait déduit de ce fait, au grand scandale de G.-H. Darwin, que l'ellipsoïde devait être renflé et non déprimé vers 45°.) Le terme en $\cos^2 l$ introduit une correction comprise entre 3,60 et 3,80 pour toutes les lois de densités. Il suffit d'augmenter les anciennes valeurs de $1 : e$ de cette quantité pour tenir compte de $e^2$. L'ancien chiffre calculé par Faye par exemple devient 296,7 et se trouve en assez bon accord avec les déterminations plus récentes.

Tous ces nombres sont donnés dans l'hypothèse où *la Terre tourne tout d'une pièce*. J'ai calculé les modifications introduites dans le cas où la vitesse des couches intérieures serait différente de celle de la surface (*Journal de Mathématiques*, p. 427). L'inverse de l'aplatissement diminuera d'une unité si la vitesse moyenne à l'intérieur est augmentée de 0,007 seulement. Si les mesures géodésiques et les mesures du pendule vérifient le nombre 297, donné par le calcul (et il semble bien qu'il en est ainsi), il faudra en conclure que la Terre tourne sensiblement tout d'une pièce. Le ralentissement dû aux frottements des marées sur l'écorce serait insensible et cette action des marées, invoquée par Darwin en particulier, serait à écarter des explications cosmogoniques.

Remarquons enfin que ces calculs ne peuvent pas nous renseigner sur la *variation des densités* à l'intérieur de la Terre, puisque la valeur de l'aplatissement en est à peu près indépendante. Cependant les lois de densité choisies devront donner des aplatissements concordants, suivant qu'on les calculera en tenant compte de $\varphi$, c'est-à-dire de l'attraction, ou en tenant compte de J, c'est-à-dire du coefficient de précession. La formule de Roche reproduite jusqu'en 1919 par l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* sous la forme $\rho = 10,0 - 7,5 r^2$ donne 291,14 dans le premier cas et 298,53 dans le second, résultats assez éloignés. Si l'on admet la formule de Roche et la

densité moyenne 5,5, il faut prendre (*Journal de Mathématiques*, p. 444)

$$\rho = 10,41 - 8,18\, r^2, \qquad \rho_1 = 2,23$$

qui donne la valeur 297,18 dans les deux cas. La densité moyenne superficielle serait égale à 2,23.

On a alors pour la formule de la *pesanteur à l'intérieur* de la Terre

$$g = 1,86\, g_1 (1 - 0,472\, r^2)\, r$$

avec un maximum égal à 1,04 à la profondeur 0,16. On retrouve la valeur de la pesanteur à la surface pour $r = 0,67$. La pesanteur reste sensiblement constante à $\frac{4}{100}$ près, sur le tiers du rayon, c'est-à-dire pour les $\frac{7}{10}$ de la masse.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la formule de Stokes dans l'espace-temps.* Note [1] de M. A. **Buhl**, transmise par M. P. Appell.

Dans mes Mémoires des *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse* (1912, p. 403-406; 1913, p. 370-372) j'ai donné une formule, du type stokien, relative à l'espace à quatre dimensions, laquelle, avec les notations de M. Th. De Donder déjà invoquées dans ma précédente Note (9 août 1920), peut s'écrire

$$(1) \qquad \int\!\!\int_S \begin{vmatrix} \dfrac{\partial F}{\partial x_1} & \dfrac{\partial F}{\partial x_2} & \dfrac{\partial F}{\partial x_3} & \dfrac{\partial F}{\partial x_4} \\ \dfrac{\partial G}{\partial x_1} & \dfrac{\partial G}{\partial x_2} & \dfrac{\partial G}{\partial x_3} & \dfrac{\partial G}{\partial x_4} \\ M_{1\omega} & M_{2\omega} & M_{3\omega} & M_{4\omega} \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{vmatrix} \frac{dx_1\, dx_2}{\dfrac{\partial(F, G)}{\partial(x_3, x_4)}} = -\int\!\!\int\!\!\int_V \Delta \frac{dx_1\, dx_2\, dx_3}{\dfrac{\partial F}{\partial x_4}}$$

en posant

$$\Delta = \begin{vmatrix} \dfrac{\partial F}{\partial x_1} & \dfrac{\partial F}{\partial x_2} & \dfrac{\partial F}{\partial x_3} & \dfrac{\partial F}{\partial x_4} \\ \dfrac{\partial}{\partial x_1} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} & \dfrac{\partial}{\partial x_4} \\ M_{1\omega} & M_{2\omega} & M_{3\omega} & M_{4\omega} \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{vmatrix}.$$

On trouvera d'ailleurs une première ébauche de cette formule dans les

(1) Séance du 13 septembre 1920.

*Comptes rendus* du 8 juillet 1912. La variété $V(F=0)$ est une cloison à trois dimensions qui, dans l'espace à quatre, peut se déformer arbitrairement à condition de toujours passer par $S(F=0, G=0)$, variété frontière fermée à deux dimensions.

Le premier membre de (1) peut aussi bien s'écrire

$$-2\int\int_S M_{12}\,dx_1\,dx_2 + M_{13}\,dx_1\,dx_3 + \ldots + M_{34}\,dx_3\,dx_4,$$

ce qui rend encore plus évidente l'analogie avec la formule de Stokes ordinaire et montre qu'il n'y a rien, dans (1), qui ne soit dans l'analyse des formes intégrales et invariants intégraux de M. Th. De Donder (*Théorie du champ électromagnétique de Maxwell-Lorentz et du champ gravifique d'Einstein*). Mais (1) paraît mettre en évidence, de façon extrêmement remarquable, les symétries du champ électromagnétique et gravifique. La chose est même si marquée qu'il n'y a plus besoin d'écrire de formules pour indiquer des résultats essentiels; la très simple description des symétries en question est suffisante.

1° *Si, dans* $\Delta$, *on remplace la première ligne par*

$$-2\rho V_{x_1}, \quad -2\rho V_{x_2}, \quad -2\rho V_{x_3}, \quad -2\rho$$

*et si l'on égale ces termes aux coefficients qu'ils ont alors dans* $\Delta$, *on a les équations du champ électromagnétique.*

2° *Si, dans les équations ainsi obtenues, on remplace* $\rho$ *par zéro et les* $M_{ij}$ *par des* $M^*_{ij}$ (définis encore très brièvement dans la précédente Note), *on a les équations du champ gravifique.*

3° *Si, dans* $\Delta$, *on remplace la première ligne par*

$$\frac{M^*_{i1}}{\sqrt{-g}}, \quad \frac{M^*_{i2}}{\sqrt{-g}}, \quad \frac{M^*_{i3}}{\sqrt{-g}}, \quad \frac{M^*_{i4}}{\sqrt{-g}},$$

*ce déterminant devient* $-2F_i$.

$F_1$, $F_2$, $F_3$, $F_4$ sont les composantes de la force mécanique d'origine électromagnétique.

4° *Si, dans le déterminant* $-2F_i$, *on reporte en troisième ligne les astérisques de la première, on obtient le déterminant* $2G_i$.

Ce $G_i$ est identiquement nul, d'après 2°, mais il importe de le conserver par raison de symétrie.

5° *Si, dans chacun des deux déterminants formant* $2(F_i+G_i)$, *on échange entre elles les deux premières lignes, on forme* $-2(F_i+\mathfrak{F}_i)$.

$\mathcal{F}_1$, $\mathcal{F}_2$, $\mathcal{F}_3$, $\mathcal{F}_4$ sont les composantes de la force mécanique d'origine gravifique.

6° *La formule* (1), *écrite avec des* $M^*$, *ayant un second membre identiquement nul, a pour premier membre l'intégrale double d'une différentielle exacte généralisée* (Poincaré, Goursat, etc.). *Les deux dernières lignes du* $\Delta$ *du second membre ont alors la forme*

$$\begin{array}{cccc} \dfrac{\partial}{\partial x_1} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} & \dfrac{\partial}{\partial x_4}. \\ \Phi_1 & \Phi_2 & \Phi_3 & \Phi_4 \end{array}$$

$\Phi_1$, $\Phi_2$, $\Phi_3$, $\Phi_4$ sont les potentiels retardés.

Je pourrais fournir d'autres exemples correspondant toujours à des résultats déjà exposés par M. De Donder; je les réserve pour un travail plus développé.

Terminons sur une remarque capitale.

L'établissement de la formule (1), chose sur laquelle j'ai toujours grandement insisté, ne repose que sur la transformation et la combinaison linéaire d'identités du type

$$\int\int_s X_1\, dX_2\, dX_3 = \int\int\int_v dX_1\, dX_2\, dX_3,$$

où $v$ est un volume de l'espace à trois dimensions enclos dans $s$.

Une telle identité ne repose elle-même que sur la notion d'espace *géometrique* divisé en éléments réunis conformément au principe fondamental du calcul intégral. Or on peut passer de là, par des raisonnements purement analytiques, à l'espace *physique*, à l'espace *phénoménal* et particulièrement à une identité (1) qui met en évidence la forme des équations de l'électromagnétisme et de la gravifique. C'est précisément un point qui paraît captiver au plus haut degré philosophes et physiciens contemporains.

Ce point me paraît être mis ici en évidence avec beaucoup de simplicité.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon pendant le deuxième semestre de* 1919 *et le premier semestre de* 1920. Note de M. **Flajolet**, transmise par M. B. Baillaud.

Les relevés des courbes du déclinomètre Mascart, pendant ces deux semestres, fournissent la répartition suivante :

*Deuxième semestre* 1919.

| Échelle. | | Juill. | Août. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | jours parfaitement calmes | 10 | 7 | 2 | 5 | 10 | 2 |
| 1 | » avec perturbations de 1′ à 3′.. | 16 | 18 | 5 | 7 | 12 | 12 |
| 2 | » » 3′ à 7′.. | 4 | 4 | 12 | 11 | 4 | 12 |
| 3 | » » 7′ à 15′.. | 1 | 0 | 7 | 6 | 4 | 5 |
| 4 | » » 15′ à 30′.. | 0 | 1 | 4 | 2 | | |
| 5 | » » >30′.. | 0 | 1 | | | | |

*Premier semestre* 1920.

| | | Janv. | Fév. | Mars. | Avril. | Mai. | Juin. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | jours parfaitement calmes | 4 | 5 | 5 | 6 | 13 | 13 |
| 1 | » avec perturbations de 1′ à 3′.. | 7 | 11 | 10 | 11 | 11 | 15 |
| 2 | » » 3′ à 7′.. | 15 | 10 | 10 | 9 | 4 | 1 |
| 3 | » » 7′ à 15′.. | 4 | 2 | 5 | 4 | 3 | 1 |
| 4 | » » 15′ à 30′.. | | 1 | 0 | | | |
| 5 | » » >30′.. | | | 1 | | | |

Deux perturbations très fortes ont été enregistrées, l'une le 11 août 1919 à $16^h45^m$ (supérieure à 60′), l'autre le 4 mars 1920 (supérieure à 40′); toutes deux sont sorties des limites de la feuille du magnétographe.

L'examen de ces Tableaux semble indiquer une décroissance sensible des fortes perturbations.

## BOTANIQUE. — *Sur la résistance des plantules à l'inanition.* Note (¹) de M. Henri Coupin, présentée par M. Gaston Bonnier.

On possède d'assez nombreux documents sur la résistance à l'inanition chez les animaux et, surtout chez l'homme, lequel a été parfois privé de nourriture involontairement ou volontairement, ce dernier cas dans des buts scientifiques ou autres, mais je ne sache pas que l'on eût songé à étudier systématiquement le même phénomène chez les plantes. Cette considération m'a engagé à réunir quelques données sur la question en prenant des plantules élevées à l'obscurité (pour éviter l'apport de carbone par l'atmosphère et son assimilation par la fonction chlorophyllienne) et sans autre nourriture que de l'eau distillée. Les jeunes plantes étaient laissées

(¹) Séance du 13 septembre 1920.

ainsi, depuis leur germination, dans une chambre obscure jusqu'à ce que la mort s'ensuivît, ce qui permettait de se rendre compte du temps pendant lequel elles avaient résisté à l'inanition. A vrai dire, le moment de la cessation de la vie n'est pas facile à évaluer d'une manière très nette, car, d'une part, il n'est pas aisé de distinguer une plantule sur le point de mourir d'une plantule morte et, d'autre part, dans un même lot de graines, en apparence identiques, les unes donnent des plantules vivant un peu plus longtemps ou un peu moins que leurs voisines. Les chiffres obtenus ne doivent, par conséquent, pas être pris dans un sens précis, mais seulement comme exprimant l'ordre de grandeur du phénomène. Cette réserve faite, voici quelques-uns des résultats que j'ai obtenus avec seize espèces choisies, assez différentes les unes des autres par l'importance et la nature de leurs réserves :

| | Mort provenant au bout de : |
|---|---|
| Pin Pignon | 60 jours d'inanition |
| Potiron | 46 » |
| Vesce d'hiver | 44 » |
| Lentille | 40 » |
| Belle-de-nuit | 39 » |
| Pois | 33 » |
| Haricot | 32 » |
| Soleil | 30 » |
| Sarrasin gris | 25 » |
| Radis | 24 » |
| Capucine | 23 » |
| Épinard | 22 » |
| Tomate | 21 » |
| Betterave | 20 » |
| Cresson alénois | 18 » |
| Moutarde | 18 » |
| Luzerne de Provence | 15 » |

On voit que la durée de la résistance à l'inanition a, dans cette série, varié de deux mois (*Pin Pignon*) à un demi-mois (*Luzerne de Provence*) avec, pour les autres espèces, des durées intermédiaires. Ces différences d'une espèce à l'autre tiennent, évidemment, à la nature même de son organisme (plus ou moins résistant) et, surtout, à l'abondance et à la nature de ses réserves; *a priori* on eût pu le deviner, mais il était peut-être bon (sans avoir la prétention de faire connaître des faits importants) que la notion fût fixée, dans la mesure du possible, par quelques chiffres, si imprécis qu'il faille les considérer.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'obtention directe du spectre de différence des bouillons-toxines.* Note (1) de M. **Fred Vlès**, présentée par M. Yves Delage.

I. Dans une Note précédente (2), nous avons indiqué que l'on peut obtenir, à partir d'un bouillon-toxine, les spectres de différence d'une substance modifiée d'une façon comparable dans le complexe soit par chauffage à 70°, soit par action du sérum antitoxique spécifique; ces spectres de différence avaient été jusqu'alors fournis par le calcul, au moyen de deux clichés spectrophotométriques indépendants pris sur les deux liquides intéressants. Pour éliminer les longueurs et par conséquent les causes d'erreur de cette technique, nous avons tenté d'obtenir *directement* par une technique différentielle, le spectre de la substance inconnue, que nous désignerons par la lettre T.

La méthode consiste à prendre comme spectre de référence-étalon dans le cliché spectrophotométrique, non plus le spectre du faisceau direct de la source ou celui du solvant pur, mais le spectre même de l'un des deux liquides (3). Dans ces conditions la lecture du spectrophotogramme doit donner directement une courbe de différences.

La chose est fort simple dans le cas de la toxine altérée par chauffage : il suffit de faire alterner devant le spectrophotomètre deux cuves identiques pleines l'une de toxine intacte, l'autre de toxine chauffée, à concentrations égales; ou d'intercaler deux séries de spectres avec même cuve remplie successivement des deux liquides. Pour la mise en évidence de l'action de l'antitoxine, la technique est plus compliquée, et nous avons dû comparer un mélange toxine-antitoxine évolué, fait depuis plusieurs heures (2, 24, 48...) avec un mélange de mêmes proportions constitué immédiatement au moment de l'examen, et mesuré dans les dix premières minutes après sa fabrication; les éléments de ce mélange de comparaison provenaient bien entendu des mêmes échantillons que le mélange évolué,

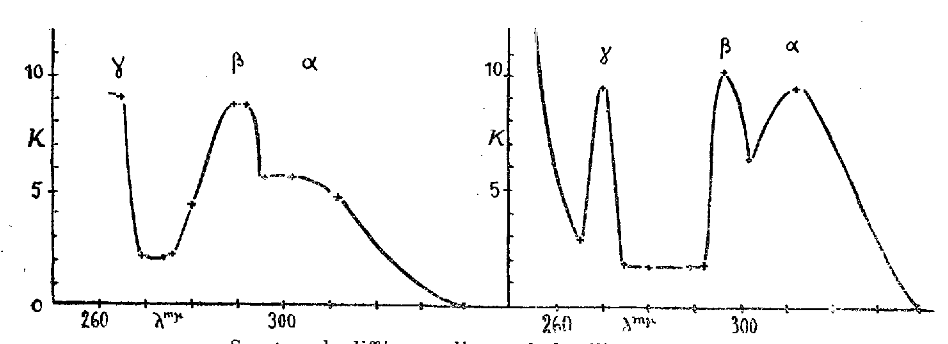
(1) Séance du 6 septembre 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 524.

(3) Cette technique est susceptible d'une grande généralisation et pourrait être appliquée à l'analyse de nombreux complexes encore inconnus au point de vue de la nature et du nombre des constituants, mais dans lesquels nous savons faire varier les propriétés du complexe : diastases, venins, sérums, etc.

avaient été dilués en même temps dans une portion du même solvant, et gardés dans des conditions comparables [1].

Dans ces conditions nous avons pu obtenir directement le spectre de la substance T de bouillons-toxines tétaniques. La concordance entre les résultats ainsi obtenus et ceux de la première méthode constituent une vérification de celle-ci.




Spectres de différence directe de bouillons-toxines.
A gauche par chauffage (2 heures à 78°); à droite par action du sérum antitétanique (autre échantillon, mélange de 54 heures, à bandes décalées).

II. Depuis notre Note précédente, diverses notions ont pu en toute première approximation être recueillies (par la première méthode) sur les propriétés de la substance T et des bouillons toxiques.

1° *Saturation.* — La modification du spectre du bouillon-toxine par l'antitoxine n'est pas instantanée et est fonction du temps, ce qui est d'accord avec la pratique bactériologique. Mais si un aspect de « courbe de saturation » est quelquefois visible, le phénomène a souvent une allure plus compliquée, qui peut tenir à la superposition, aux phénomènes chimiques, de modifications physiques éprouvées par l'état du système.

2° *Modifications physiques.* — On remarque en effet que les divers complexes présentent dans certaines circonstances un renforcement général non sélectif de l'absorption, pouvant se traduire par l'apparition de valeurs négatives dans les différences, et dû visiblement à une modification de l'état physique du complexe (par exemple : grossissement de particules diffractantes, début de précipitation). Ces conditions rendent évidemment précaires l'application de la loi de Beer, et il y a lieu d'employer les liquides comparés aux mêmes concentrations et épaisseurs.

---

[1] Ces précautions sont nécessaires parce que les bandes des spectres de différence des bouillons toxiques paraissent avec le temps se décaler légèrement vers les grands λ, peut-être par action de l'air : un échantillon débouché depuis un jour a passé par exemple sa bande β de $290^{m\mu}$ vers 295.

3° *Indications quantitatives.* — Dans le but d'entrevoir si une relation quantitative pouvait être soupçonnée entre l'importance des bandes et les caractéristiques des substances en présence, nous avons traité, dans des circonstances aussi identiques que possible, des toxines tétaniques de même toxicité par de mêmes excès de sérums antitétaniques de divers pouvoirs antitoxiques. Comme on le verra par les valeurs ci-dessous, il ne serait pas impossible que les absorptions des bandes β se soient, à certains moments de l'évolution des mélanges, grossièrement sériées en fonction des pouvoirs antitoxiques des sérums.

Bouillons-toxines tétaniques au $\frac{1}{200}$, mélangés avec volume égal de sérum antitétanique au $\frac{1}{200}$, contact 50 heures :

| Valeur de la toxine (1). | Pouvoir antitoxique. | Spectres de différence K λ 296. |
|---|---|---|
| 10000 | 3000 | 36 |
| » | 4000 | 24 |
| » | 5000 | 35 |
| » | 6000 (2) | 9,8 |
| » | 8000 | → 0 |

4° *Interprétation du spectre.* — On ne peut faire, pour le moment, que des hypothèses extrêmement fragiles sur la nature des groupements moléculaires servant de supports aux bandes d'absorption de la substance T. De cet ordre sont, par exemple, les analogies que l'on ne peut manquer de remarquer, à première vue, entre la bande 289-296$^{m\mu}$ de T et celle de certains diphénols (hydroquinone, amines dioxyphénylées, adrénaline), ou peut-être aussi les rapports du spectre total avec celui des pyrrols.

D'autre part, la bande voisine de λ 270 s'est montrée quelquefois légèrement plus réfrangible (265) que la bande des substances protéiques usuelles, ce qui tendrait à faire réserver son interprétation dans ce sens, à moins qu'il n'y ait, dans cette région, coexistence de deux bandes indépendantes partiellement superposées.

5° *Examen d'autres espèces de bouillons-toxines.* — Nous avons eu l'occasion d'étudier un échantillon de toxine diphtérique et un de toxine septique. Les spectres de différence, par actions du chauffage et de l'antitoxine spécifique, ont présenté également des bandes du type T, quoique non

(1) Cote de toxicité : inverse de la fraction minima de centimètre cube tuant, en 4 jours, le cobaye de 350g. Cote de l'antitoxine : unités Ehrlich, 1 U. neutralisant, *in vitro*, 100 doses mortelles de toxine. Je dois les échantillons et leurs cotes à mon ami et collègue M. Truche.

(2) Dans cet échantillon, le sérum était dilué au $\frac{1}{300}$.

identiques : celles du complexe diphtérique étaient assez voisines de l'aspect du complexe tétanique, dont s'écartaient davantage celles du complexe septique.

PATHOLOGIE. — *La prévention et le traitement de la fièvre aphteuse par le sérum ou le sang des animaux guéris.* Note (¹) de M. **Charles Lebailly**, transmise par M. E. Roux.

On connaît depuis longtemps l'efficacité du sérum antiaphteux expérimental dans le traitement de la fièvre aphteuse (Lœffler, Roux, Nocard, Vallée); si la méthode ne s'est pas répandue, cela tient à la difficulté de préparer en quantité suffisante un sérum assez actif. Les sérums, obtenus péniblement en hyperimmunisant les animaux à l'aide du virus pris dans les aphtes ou le sang, doivent malgré tout être employés à forte dose; leur activité n'est pas de beaucoup supérieure à celle du sérum des animaux guéris. C'est ce dernier sérum qui a été utilisé au laboratoire de bactériologie du Calvados, avec la collaboration de M. Bertin, vétérinaire départemental, et de plusieurs de ses confrères.

*Préparation du sérum.* — Chaque récolte a comporté la saignée de cinq animaux, guéris depuis une dizaine de jours et choisis parmi ceux qui ont été le plus gravement atteints. Chaque animal fournit de $3^l$ à $6^l$ de sang. Les sérums sont recueillis et mélangés, puis répartis dans des bouteilles graduées de $100^{cm^3}$ en $100^{cm^3}$. Ces opérations sont faites aseptiquement; on ajoute par prudence $1^g$ d'acide phénique pour $800^{cm^3}$ de sérum. L'emploi de cette méthode nécessite une entente entre les éleveurs, qui acceptent en général très bien de se fournir mutuellement le sang de leurs animaux. La saignée est absolument inoffensive. Ce procédé exige la proximité d'un laboratoire de bactériologie.

*Préparation du sang.* — Pour plus de commodité, nous substituons ordinairement l'emploi du sang complet à celui du sérum; il donne des résultats identiques et peut être mis en œuvre par tous les vétérinaires sans secours étranger. Les bouteilles graduées sont remplies presque totalement d'eau phéniquée à 5 pour 100, bouchées et couchées. Cette pratique a pour but d'assurer la désinfection sans appareil particulier de laboratoire. Le contact doit durer au moins 2 heures. Avant de se déplacer pour récolter le sang, on vide la bouteille de son contenu antiseptique et l'on introduit à sa place la solution suivante : eau $50^{cm^3}$, chlorure de sodium $5^g$, citrate de soude $5^g$, acide phénique $1^g$. Le sang est recueilli au trocart, aucun ajutage

(¹) Séance du 6 septembre 1920.

n'est nécessaire. Quand la bouteille a reçu $800^{cm^3}$, on mélange soigneusement, par agitation, la solution citratée et le sang. Ce sang reste parfaitement liquide et doit être employé dans les 48 heures. Qu'il s'agisse de sang ou de sérum, l'injection se fait avec l'ajutage utilisé pour le sérum artificiel muni d'une aiguille de gros calibre. L'appareil lui-même peut être désinfecté, par immersion, dans l'eau phéniquée à 5 pour 100.

*Résultats.* — Nous ne distinguerons pas les résultats donnés par le sang de ceux obtenus par le sérum. Nous avons traité plus de 500 animaux, presque exclusivement des bovins. Ces essais ont nécessité l'emploi de $190^{l}$ de sérum ou sang. Dans la prévention de la fièvre aphteuse, nous avons noté les mêmes résultats que nos prédécesseurs; l'immunité obtenue dans la plupart des cas s'est montrée de durée très brève. Un certain nombre d'animaux ont contracté la maladie par contagion naturelle déjà au bout de 15 jours. D'autres animaux, mais jamais parmi eux des vaches laitières, ont séjourné dans le foyer épidémique jusqu'à son extinction en demeurant indemnes. Les veaux tirent le meilleur profit de l'intervention, à condition toutefois de ne pas être nourris au lait infectieux. Les doses ont été de $200^{cm^3}$ pour les adultes et de $100^{cm^3}$ pour les jeunes, cette inoculation sous-cutanée étant répétée au bout de 8 jours.

Dans le traitement de la maladie déclarée, la condition essentielle pour obtenir un bon résultat est d'intervenir aussitôt que possible, avant ou au début de l'apparition des aphtes. Nous avons obtenu par ce procédé une atténuation évidente des symptômes de la maladie; la période d'infection est raccourcie, on constate pendant moins de temps, par rapport aux animaux témoins, les accidents fâcheux ordinaires : anorexie, diminution de la sécrétion lactée, aphtes et complications. La grande quantité de sérum nécessaire, $100^{g}$ à $200^{g}$ suivant la taille, nous a obligés à limiter son emploi aux animaux les plus précieux, vaches laitières ou en gestation, veaux, bœufs de travail ou de graisse. L'inoculation intraveineuse de sérum, faite lentement, est très efficace. C'est sur les vaches laitières que les résultats sont toujours les moins brillants; on n'empêche pas chez elles, à coup sûr, l'apparition des aphtes aux trayons. Aucun de nos animaux traités n'est mort, tandis que la mortalité a existé sur les témoins. Nous n'avons fait allusion dans cette Note qu'à nos essais de pure pratique et non aux essais sur les animaux d'expérience qui ont donné des résultats bien supérieurs.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

É. P.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 27 SEPTEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. les professeurs *Valcovici* et *Stoïloff*, de l'Université de Jassy, qui assistent à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation aux dérivées partielles de la théorie des fonctions hypergéométriques.* Note de M. **Appell**.

I. Dans la théorie des fonctions hypergéométriques de deux variables, j'ai rencontré autrefois [1] l'équation

$$(1)\qquad \begin{aligned}&(x-x^2)r-2xys+(y-y^2)t\\&+[\gamma-(\alpha+\delta+1)x]p+[\gamma'-(\alpha+\delta+1)y]q-\alpha\delta z=0,\end{aligned}$$

où $z$ est une fonction inconnue de $x$ et de $y$, ayant pour dérivées $p$, $q$, $r$, $s$, $t$ et où $\gamma$, $\gamma'$, $\alpha$, $\delta$ désignent des constantes.

Cette équation mérite une attention particulière. Elle se réduit à l'équation célèbre des fonctions $Y_n(\theta, \varphi)$ de Laplace, pour une détermination spéciale des constantes, quand on y fait

$$x=\sin^2\theta\cos^2\varphi,\qquad y=\sin^2\theta\sin^2\varphi.$$

J'ai indiqué précédemment une propriété fondamentale des intégrales de deux de ces équations pour lesquelles $\gamma$, $\gamma'$ et $\alpha+\delta$ sont les mêmes. Je me

---

(1) Ces recherches ont été résumées pour l'édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques* dans une Note intitulée : *Généralisations diverses des fonctions sphériques*, par MM. Appell et Lambert (Gauthier-Villars, 1914).

propose d'exposer ici quelques autres propositions relatives à cette équation.

II. Si une certaine fonction $z$ vérifie l'équation (1), nous la désignerons par

$$z(\alpha, \delta, \gamma, \gamma', x, y).$$

On a alors

$$\frac{\partial z(\alpha, \delta, \gamma, \gamma', x, y)}{\partial x} = z(\alpha+1, \delta+1, \gamma+1, \gamma', x, y),$$

et, d'une manière générale,

$$\frac{\partial^{m+n} z(\alpha, \delta, \gamma, \gamma', x, y)}{\partial x^m \partial y^n} = z(\alpha+m+n, \delta+m+n, \gamma+m, \gamma'+n, x, y).$$

On a

$$z(\alpha, \delta, \gamma, \gamma', x, y) = x^\lambda y^\mu z(\alpha+\lambda+\mu, \delta+\lambda+\mu, \gamma+2\lambda, \gamma'+2\mu, x, y)$$

dans l'une des trois hypothèses suivantes :

(A) $\lambda = 1-\gamma, \quad \mu = 0;$

(B) $\lambda = 0, \quad \mu = 1-\gamma';$

(C) $\lambda = 1-\gamma, \quad \mu = 1-\gamma'.$

On a également

$$z(\alpha, \delta, \gamma, \gamma', x, y) = (1-x-y)^{-\alpha} z\left(\alpha, \gamma+\gamma'-\delta, \gamma, \gamma', -\frac{x}{1-x-y}, -\frac{y}{1-x-y}\right).$$

Les substitutions faites ici sur les coordonnées $x$ et $y$ définissent une certaine transformation homologique. Ainsi, en posant

$$x_1 = -\frac{x}{1-x-y}, \qquad y_1 = -\frac{y}{1-x-y},$$

on a inversement

$$x = -\frac{x_1}{1-x_1-y_1}, \qquad y = -\frac{y_1}{1-x_1-y_1}, \qquad (1-x-y)(1-x_1-y_1) = 1.$$

III. En particulier, l'équation (1) admet la solution

$$z = F_4\left(\alpha, \delta, \gamma, \gamma', \frac{x}{2}, \frac{y}{2}\right),$$

et la solution

$$z = F_2(\alpha, \delta - C, C, \gamma, \gamma', x, y)$$

avec une constante arbitraire C, ainsi que les solutions avec une fonction arbitraire qu'on en déduit, par les méthodes classiques.

Elle admet également la solution

$$z = C_1 F(\alpha, \delta, \gamma, x) + C_2 F(\alpha, \delta, \gamma', y)$$

formée d'une fonction de $x$, plus une fonction de $y$.

IV. Si l'on fait le changement de variables

$$x = x_1^2, \quad y = y_1^2,$$

et si l'on appelle $p_1$, $q_1$, $r_1$, $s_1$, $t_1$ les nouvelles dérivées de $z$ par rapport à $x_1$ et $y_1$, l'équation prend la forme

$$(2) \quad (1-x_1^2)r_1 - 2x_1y_1s_1 + (1-y_1^2)t_1 + [2\gamma - 1 - (2\alpha+2\delta+1)x_1^2]\frac{p_1}{x_1} + [2\gamma' - 1 - (2\alpha+2\delta+1)y_1^2]\frac{q_1}{y_1} - 4\alpha\delta z = 0;$$

pour $\gamma = \gamma' = \frac{1}{2}$, cette forme devient particulièrement simple :

$$(3) \quad (1-x_1^2)r_1 - 2x_1y_1s_1 + (1-y_1^2)t_1 - (2\alpha+2\delta+1)(x_1p_1 + y_1q_1) - 4\alpha\delta z = 0.$$

Prenons, par exemple, l'équation du potentiel

$$\frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial \zeta^2} = 0,$$

et cherchons-en une solution de la forme

$$V = \zeta^k z(x_1, y_1)$$

où $k$ est une constante quelconque avec

$$x_1 = i\frac{\xi}{\zeta}, \quad y_1 = i\frac{\eta}{\zeta}, \quad i^2 = -1$$

Nous trouverons que la fonction $z$ de $x_1$ et $y_1$ vérifie une équation telle que (3) où

$$\alpha + \delta = -k + \frac{1}{2}, \quad \alpha\delta = \frac{k(k-1)}{4}.$$

V. L'équation (1) s'obtient en cherchant une fonction $z$ des variables réelles $x$ et $y$ qui annule la variation de l'intégrale double

$$I = \int\int_\Gamma (A p^2 + A' q^2 + A'' z^2 + 2Bqz + 2B'pz + 2B''pq)\, dx\, dy$$

étendue à l'aire du plan des $xy$ limitée par un contour $\Gamma$, le long duquel les valeurs de $z$ sont données. Les coefficients de la forme quadratique sont des

fonctions de $x$ et de $y$ :

$$A = \rho(x - x^2), \qquad A' = \rho(y - y^2), \qquad B'' = -\rho xy, \qquad A'' = \rho\alpha\delta + \frac{\partial B'}{\partial x} + \frac{\partial B}{\partial y},$$

B et B′ restant arbitraires et $\rho$ ayant la valeur

$$\rho = x^{\gamma-1} y^{\gamma'-1} (1 - x - y)^{\alpha+\delta-\gamma-\gamma'}.$$

Par exemple, en prenant $B = B' = 0$, on a l'intégrale

$$I = \int\int_{\Gamma} \rho[(x - x^2)p^2 - 2xypq + (y - y^2)q^2 + \alpha\delta z^2]\, dx\, dy$$

qui porte sur une forme définie positive quand, $\alpha\delta$ étant positif, le contour $\Gamma$ est à l'intérieur du triangle formé par les axes de coordonnées $x = 0$, $y = 0$ et la droite $x + y - 1 = 0$. On peut, par suite, appliquer à l'équation (1) les résultats obtenus par M. Emile Picard (¹) et, en particulier, la ramener à la forme

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + f(x, y)V = 0.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Au sujet du déplacement apparent de quelques étoiles dans l'éclipse totale du Soleil, du 29 mai 1919.* Note de M. **F.-E. Fournier.**

1. Dans ma Note précédente (²), que celle-ci a pour objet de compléter sur les points nécessaires, j'ai indiqué, sommairement, que le rayon lumineux d'une étoile traversant l'étendue de l'atmosphère du Soleil, dont les gaz surchauffés se tassent sur leur contour extérieur, limite de leur refroidissement, doit y subir une déviation dans le sens de la diminution de leur densité, *c'est-à-dire vers l'intérieur*.

En voici la raison, La densité de ce milieu gazeux est en effet, en tout point de son étendue, moindre que sa limite, qui est celle, $\Delta_1$, de l'éther environnant; tandis que la densité de la portion de l'éther comprise dans l'atmosphère solaire est, au contraire, plus grande que $\Delta_1$, en tout point de cette même étendue, à cause de son tassement sur le contour du Soleil par l'attraction newtonienne que cet astre y exerce.

---

(¹) *Sur une proposition générale concernant les équations linéaires aux dérivées partielles* (*Comptes rendus*, t. 107, 1888, p. 939); *Mémoire sur une classe d'équations aux dérivées partielles du second ordre* (*Acta mathematica*, t. 12).

(²) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 501.

Or la *réfraction* d'un gaz étant, on le sait, *proportionnelle à sa densité*, l'effet de cette réfraction de l'éther, sur un rayon lumineux traversant l'atmosphère solaire, l'emporte nécessairement sur celui de la réfraction, de sens opposé, qu'il subit dans la partie gazeuse de cette atmosphère, de manière que les déviations totales, $\delta$, en résultant sont, *toutes*, *dirigées vers l'intérieur* et satisfont à la relation nouvelle, que j'ai donnée,

$$\delta = \frac{\delta_0 \sqrt{\dfrac{R_1 - R}{R_1 - R_0}}}{1 + 2,3\left[1 - \sqrt{\dfrac{R_1 - R}{R_1 - R_0}}\right]^{0,224}},$$

dont les résultats sont conformes aux déviations observées dans l'éclipse totale du Soleil du 29 mai 1919, en y attribuant aux constantes $\delta_0$ et $\frac{R_1}{R_0}$ les valeurs numériques

$$\delta_0 = 1'',75 \qquad \text{et} \qquad \frac{R_1}{R_0} = 6.$$

J'ai été conduit, en dernière analyse, pour donner à $\delta$ une expression générale applicable, indistinctement, à tous les astres, selon l'étendue relative de leur atmosphère et s'annulant sur ceux dont l'atmosphère est nulle, à substituer à la précédente celle-ci, de même forme,

$$\delta = \frac{\left(\dfrac{R_1 - R_0}{R_0}\right)^{\frac{1}{3}} \sqrt{\dfrac{R_1 - R}{R_1 - R_0}}}{1 + 2,63\left[1 - \sqrt{\dfrac{R_1 - R}{R_1 - R_0}}\right]^{0,265}},$$

et dont les constantes générales, peu différentes, satisfont aux mêmes observations de l'éclipse, pour le *Soleil*, avec

$$\delta_0 = \left(\frac{R_1 - R_0}{R_0}\right)^{\frac{1}{3}} = 1'',75 \qquad \text{et} \qquad \frac{R_1}{R_0} = 6,36, \text{ au lieu de } 6.$$

Pour la *Terre*, cette formule donnerait à $\delta_0 = \left(\frac{R_1 - R_0}{R_0}\right)^{\frac{1}{3}}$, les valeurs : 0'',1465, ou 0'',1725, ou 0'',1845, selon qu'on attribuait à l'atmosphère terrestre une étendue de $20^{km}$, ou $30^{km}$, ou $40^{km}$.

2. Dans le cas où il serait établi, en principe, que, dans l'univers entier, aucune vitesse ne peut dépasser celle, $V_L$, *de la lumière*, telle qu'elle a été

mesurée dans notre atmosphère solaire : d'une part, directement, au moyen d'observations terrestres; et, d'autre part, astronomiquement, au moyen de la discussion d'éclipses de satellites de *Jupiter*, on devrait naturellement en tirer la conclusion suivante : Toutes les étoiles visibles à nos yeux ont, avec le Soleil, un même régime volcanique leur donnant la propriété de transmettre, sur tous leurs rayons, par leurs impulsions éruptives, à l'éther environnant, d'une élasticité parfaite, des radiations d'une vitesse oscillatoire précisément égale à $V_L$, avec la longueur d'ondes et l'intensité nécessaires pour nous porter directement la lumière, en s'y propageant intégralement à toute distance.

La disparition ou l'apparition subites d'une étoile indiqueraient simplement, alors, que, par suite d'un affaiblissement ou d'un renforcement accidentels et exceptionnels de la puissance éruptive de ses foyers volcaniques, cette étoile a cessé de suffire à ces conditions essentielles de sa visibilité à nos yeux, ou qu'elle parvient seulement à les remplir.

3. Il me reste à définir dans quelle mesure varie, d'une planète à l'autre, *l'accélération répulsive* $\frac{du}{dt}$ qu'y exerce le Soleil, en y projetant directement des atomes de matières cosmiques d'une densité moyenne $\Delta$ avec une vitesse $V_x$ par mètres carrés de sa surface et par seconde de temps?

La somme d'impulsions répulsives dirigées ainsi vers une planète de densité $d$, de rayon moyen $r$ et de masse $m = \frac{d}{g}\frac{4}{3}\pi r^3$, par le faisceau conique des rayons prolongés du Soleil sur la section diamétrale $\pi r^2$ de cette planète, perpendiculaire à l'axe, de longueur D, de ce faisceau, a pour expression

$$m\frac{du}{dt} = \frac{\Delta}{2g} V_x^2 \pi r^2 \frac{R_0}{D}, \tag{1}$$

en fonction du rayon, $R_0$, du Soleil, et dont on déduit, pour valeur de l'accélération perturbatrice, $\frac{du}{dt}$,

$$\frac{du}{dt} = \frac{3}{8}\frac{\Delta}{d}\frac{R_0}{r}\frac{V_x^2}{D}; \tag{2}$$

on aurait, de même, pour une autre planète ayant pour caractéristiques, $d'$, $r'$, $D'$ :

$$\frac{du'}{dt} = \frac{3}{8}\frac{\Delta}{d'}\frac{R_0}{r'}\frac{V_x^2}{D'}.$$

On reconnaît alors que le rapport de ces accélérations répulsives,

$$\frac{\left(\frac{du}{dt}\right)}{\left(\frac{du'}{dt}\right)} = \frac{d' r' \mathrm{D}'}{d r \mathrm{D}},$$

est indépendant des caractéristiques, $\Delta$, $R_0$, $V_x^2$ du Soleil. De plus, comme il s'agit seulement d'une première approximation, on peut y substituer, aux valeurs de D et D′, les valeurs correspondantes, $a$ et $a'$, du demi-grand axe de ces deux planètes, de façon que le rapport devient

$$(3) \qquad \frac{\left(\frac{du}{dt}\right)}{\left(\frac{du'}{dt}\right)} = \frac{d' r' a'}{d r a}.$$

Les valeurs de l'accélération perturbatrice $\frac{du}{dt}$, déduites de ce rapport (3), pour les grosses planètes, en y prenant pour unité celle de Mercure, figurant sur le Tableau ci-dessous :

$\left(\textit{Valeurs de } \frac{du}{dt}\right)$.

| Mercure. | Vénus. | Terre. | Mars. | Jupiter. | Saturne. | Uranus. | Neptune. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,248 | 0,157 | 0,277 | 0,0109 | 0,0135 | 0,009 | 0,0055 |

on peut se rendre compte de son peu d'influence sur l'orbite de ces planètes, par le fait qu'il en résulte seulement, sur Mercure, où elle est, de beaucoup, la plus grande, un déplacement de son périhélie, de 43″, en un siècle.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie du massif de la Croix-de-Fer.* Note de MM. **Maurice Lugeon** et **Nicolas Oulianoff.**

La zone sédimentaire qui sépare le massif du mont Blanc de celui des Aiguilles-Rouges a été considérée par les auteurs comme un synclinal simple. Profondément évidé dans la vallée de Chamonix, il en subsiste d'importants témoins aux deux extrémités de la dépression longitudinale de l'Arve, au Sud-Ouest dans le mont Lachat et ses abords, et au Nord-Est, où la masse des terrains secondaires forme, à cheval sur la frontière franco-suisse, le massif dominé, près du col de Balme, par le sommet de la Croix-de-Fer ($2346^{m}$).

Récemment, la région du mont Lachat a fait l'objet d'une Note due à M. E. Paréjas [1] qui a montré que la zone est en réalité constituée par deux synclinaux, dont l'un très étroit borde le massif du mont Blanc. Entre les deux existe un anticlinal digité. Cet auteur, par la découverte heureuse de gisements fossilifères, montre que l'ensemble est constitué exclusivement par du Trias et divers étages du Lias, modifiant ainsi ce qui avait été dessiné sur la carte géologique par le regretté Michel-Lévy.

L'étude que nous avons entreprise de la région comprise entre la vallée de l'Arve et le Trient nous a révélé une structure plus complexe.

A. *Série autochtone de base.* — *a.* Directement sur le Carbonifère repose en discordance le Callovien, peu épais, caractérisé par des calcaires à entroques, des marbres ou des schistes roses. Cette transgression a déjà été reconnue par l'un de nous dans la couverture autochtone de la Dent-de-Morcles.

*b.* Argovien, constitué par des calcaires plaquetés, schisteux, noduleux.

*c.* Jurassique supérieur, formé par les calcaires compacts habituels, d'une épaisseur considérable pouvant atteindre 200$^m$.

*d.* Série crétacique, de composition variée, formée parfois à la base par des schistes noirs au haut desquels apparaissent des bancs isolés de calcaires oolithiques surmontés par des calcaires en plaquettes. Sur cet ensemble repose une couche épaisse de 4$^m$ à 6$^m$ constituée par une roche siliceuse verdâtre ou par des calcaires pénétrés par des veines irrégulières de grès siliceux, ferrugineux. Le tout rappelle étrangement l'Aptien des Alpes vaudoises, injecté par le Sidérolitique.

*e.* A l'extrémité orientale du massif, sous le sommet de Carraye, existent, sur cette couche *d*, des schistes terreux roses ou gris accompagnés par des bancs calcaires. L'ensemble pourrait être Nummulitique. Cette formation locale cesse vers le Sud-Ouest. On voit alors reposer sur l'Aptien probable une série renversée de Jurassique supérieur.

Cet ensemble autochtone pénètre dans la région française et marche directement vers les chalets de Balme dominés par la bande épaisse de Malm normal. Le Crétacique, interrompu par des dépôts morainiques d'un ancien lit glaciaire qui coupe la région orientale de l'Aiguillette, se prolonge au delà des chalets.

B. *Série renversée.* — *f.* Le Malm qui recouvre la série normale est caractérisé par des calcaires compacts surmontés par des calcaires échinodermiques que nous attribuons à l'Argovien.

*g.* Sur eux existe une énorme série schisteuse représentant très probablement tout le Jurassique moyen, de l'Oxfordien au Lias supérieur compris.

*h.* Calcaires échinodermiques de la Croix-de-Fer qui appartiennent vraisemblablement au Lias moyen.

---

(1) E. Paréjas, *La partie sud-ouest du synclinal de Chamonix* (*Genève, Arch. des Sc. phys. et nat.*, vol. 37, 1920, n° 2, p. 58).

*i*. Enfin dans la vallée du Nant noir existe la série du Lias inférieur constituée par des schistes calcaires sombres, marneux à leur partie supérieure, des grès quartzeux rubanés et de nouveau des calcaires plaquetés.

*j*. Calcaires et marbres blancs, passant à la Cargneule, attribués au Trias.

*k*. Calcaires plaquetés du Lias inférieur.

*l*. Cargneule et gypse.

*m*. Série cristalline du mont Blanc.

Si nous admettons que la couche *j* est triasique, cette coupe représenterait donc un synclinal, à noyau crétacique d'une très grande puissance, séparé par un anticlinal, à noyau triasique d'un synclinal très étroit. Telle serait la disposition de la zone sédimentaire lorsqu'elle pénètre dans la région française, à l'exception des calcaires échinodermiques de la Croix-de-Fer qui cessent au col de Balme.

Mais des accidents viennent, dans la partie suisse, compliquer cette disposition si simple.

C'est ainsi qu'au sommet de Carraye s'ajoute une écaille indépendante de Malm, séparée du Malm renversé par une mince bande de Trias et de Callovien. En outre, la bande de calcaires échinodermiques de la Croix-de-Fer se montre comme subdivisée en trois « lèches » énormes. Une étude attentive montre que cette disposition est la conséquence de phénomènes profonds.

On constate en effet, sous la lentille la plus septentrionale, une mince lame de gneiss, sorte de coin effilé, qui s'intercale dans les hauts entre l'écaille de Carraye et la série schisteuse. On voit également que la lèche occidentale s'incurve et se digite dans les schistes jurassiques qui plus loin montrent, sous le sommet des Arolettes, des replis aigus expliquant par leur empilement l'épaisseur énorme de la série vaseuse.

Enfin la lèche de la Pointe-du-Vent est séparée de celle de la Croix-de-Fer par une mince bande de schistes jurassiques dans le bas desquels monte, comme une écharde, une nouvelle lame de gneiss visible dans le couloir des Chenalettes.

Ainsi en s'écrasant vers le Nord le massif du mont Blanc a laissé éclater deux esquilles de schistes cristallins qui pénètrent, sans aucune règle, dans la série sédimentaire, phénomène semblable à celui décrit par l'un de nous au Loetschenpass. Ajoutons encore qu'au col de la Forclaz la série que nous venons de décrire existe amincie. Ces découvertes nouvelles donneront lieu à d'importantes modifications de la partie occidentale de la

feuille géologique de Valorcine au $\frac{1}{80000}$ à laquelle l'un de nous avait collaboré.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur des Algues marines floridées indigènes pouvant fournir de la gélose.* Note [1] de M. C. SAUVAGEAU.

La cueillette des Algues rouges pour les usages industriels ou alimentaires, limitée en France aux côtes de Normandie, de Bretagne et de Vendée, s'adresse presque uniquement aux *Chondrus crispus* et *Gigartina mamillosa*, mélange connu sous le nom commercial de *Lichen carragaheen* [2]. Leur récolte exclusive se justifie moins par leurs qualités intrinsèques que par leur abondance durant toute la belle saison, à un niveau relativement élevé, sur des côtes découpées où une population riveraine est habituée à les cueillir. Le Lichen est livré au commerce après un blanchiment à l'air libre, souvent défectueux, que le blanchiment artificiel remplacerait avantageusement. Desséché à l'étuve, son mucilage donne une phycocolle solide dont la préparation est à recommander, car elle diminuerait les frais de transport. D'autres grandes Floridées, assez fréquentes en été, *Ceramium rubrum*, *Cystoclonium purpurascens*, *Calliblepharis jubata*, *Gracilaria confervoides*, *Furcellaria fastigiata* fourniraient aussi de bonne gélose, toutefois leur mélange occasionnerait des fraudes du produit sec commercial, et, à part le petit *Gelidium pulchellum*, habituellement rare, mais qui, en certains points est aussi abondant que le Lichen, il ne semble pas que d'autres espèces soient exploitables dans ces régions.

Sur les côtes du golfe de Gascogne et de la Méditerranée, où le Lichen est moins commun et négligé, d'autres Algues rouges le suppléeraient avantageusement, sans qu'aucune puisse le concurrencer au point de vue de la quantité de tonnes ramassées. Je signale néanmoins les principales espèces du pays basque. L'*Hypnea musciformis*, qui fournit un épais mucilage, envahit en été les flaques de mi-marée et descend plus bas; le *Gigartina acicularis*, en larges gazons feutrés asséchés à mi-marée, fournit un mucilage moins consistant; le *Grateloupia filicina* serait l'une des espèces les plus précieuses s'il était plus abondant. Au-dessous, deux espèces grandes,

---

(1) Séance du 9 août 1920.

(2) C. SAUVAGEAU, *Utilisation des Algues marines*, Paris, 1920.

robustes et abondantes, *Gigartina pistillata* et *Gymnogongrus patens*, paraissent supérieures au Lichen. Les grands *Gelidium* sont bien représentés et se continuent sur toute la côte nord de l'Espagne; le *G. sesquipedale*, en larges touffes hautes de $20^{cm}$ à $30^{cm}$, forme une bordure d'un beau rouge sur les rochers inférieurs; les marées d'équinoxe en permettent une récolte copieuse; les *G. attenuatum* et *Pterocladia capillacea*, moins longs et moins touffus, croissent un peu plus haut et peuvent être ramassés en même temps, car leur gélose est d'aussi excellente qualité; l'*Ahnfeltia plicata*, moins commun, fournit une gelée douée des mêmes propriétés; les tempêtes rejettent parfois d'énormes quantités de *Calliblepharis ciliata* qu'il serait plus rémunérateur d'utiliser comme source de gélose que pour l'engrais des terres.

Plusieurs de ces Algues habitent aussi la Méditerranée; elles n'y seraient pas exploitables. Il en est autrement du *Rissoella verruculosa*, qui forme, au printemps, sur les rochers à demi exposés des côtes françaises et algériennes, une bande souvent asséchée, dense et propre, haute d'une dizaine de centimètres; ses lames frisées et larges ne se confondent avec aucune autre; il sèche facilement à l'air libre, sans blanchir.

Au point de vue de la gélose extraite à l'autoclave à 120°, ces Floridées peuvent se diviser en deux catégories.

Les unes, *Gracilaria*, *Ahnfeltia*, *Gelidium*, la livrent sans se déformer. Les *Gelidium* en fournissent une quantité énorme. Le sol filtré sur étamine devient un gel massif en se refroidissant; sa gélation [1] semble indépendante des sels inclus, car un lavage prolongé dans l'eau ordinaire ou acidifiée, ne l'empêche nullement. Le gel brun obtenu avec la plante brute perd dans l'eau une partie de sa teinte; coupé ensuite en lanières, puis séché à l'étuve, il a l'aspect de l'agar commercial. Je préfère dessécher le mucilage à l'étuve; les lames de la phycocolle obtenue lavée à l'eau se gonflent comme de la gélatine, se décolorent rapidement, et l'on sèche de nouveau; elles prennent une teinte violet rouge par l'iode. La phycocolle des divers *Gelidium* comparée à deux échantillons d'agar s'est montrée supérieure comme pouvoir gelant; à 6 pour 1000, elle solidifie le bouillon de bœuf comme l'agar à 16 pour 1000. Le simple gel est un excellent milieu de culture; abandonné à l'air, il se couvre bientôt de colonies microbiennes. La

---

(1) Les botanistes emploient, depuis longtemps, le terme *gélification* pour désigner le gonflement, le ramollissement, aboutissant même à la liquéfaction, d'une membrane primitivement ferme et solide; la *gélation* est la transformation d'un sol en gel.

phycocolle de *Gelidium*, adsorbe, comme l'agar, les colloïdes positifs (bleu de méthylène et safranine).

Pour étudier les réactions des mucilages, il suffit d'épuiser $1^g$ de *Gelidium* ou de *Gracilaria* dans $400^g$ d'eau; sinon le mucilage est trop grumeleux; à 1 pour 800, celui du *Gel. pulchellum* a encore la consistance d'un empois grumeleux. Ni les électrolytes ClK, $Cl^2Ca$, $SO^4(AzH^4)^2$, $(SO^4)^3 Al^2$, employés en solutions aqueuses uniformes à 25 pour 100, ni les acides, $SO^4H^2$, ClH concentrés, n'agissent sur eux; ils gênent même la gélation des sols plus concentrés; le sous-acétate de plomb et l'acétate neutre produisent un trouble floconneux blanchâtre; l'alcool à 95° ne les solidifie pas. Les divers *Gelidium* ne se comportent pas identiquement avec l'iode (I, 1; KI, 2; eau 200); tombant goutte à goutte dans un sol de *G. sesquipedale*, *G. latifolium*, *G. attenuatum*, il produit des nuages d'un brun noir qui, en se dissolvant, lui donnent la couleur du réactif; un peu plus d'iode produit des nuages d'un violet noir qui se dissolvent encore en fonçant la teinte; c'est le moment critique; une goutte de plus et le sol, jusque-là limpide, devient d'un brun rouge violacé très foncé et opaque. Une goutte de $SO^4H^2$ ajoutée quand le sol a la teinte du réactif iodé étendu, produit la même réaction brusque foncée et opaque; de petits flocons se séparent et le liquide restant est coloré. Je n'ai pas observé cette réaction explosive avec les *Gel. pulchellum* et *Pt. capillacea*.

Les *Chondrus*, *Gigartina*, *Gymnogongrus*, *Grateloupia*, *Hypnea*, *Rissoella* se comportent autrement. L'*Hypnea* conserve cependant sa forme; le *Rissoella* se met promptement en bouillie et se réduit bientôt au résidu protoplasmique, à la cuticule et aux parois cellulosiques; il en est presque de même du *Grateloupia*, et des parties jeunes ou fructifiées des autres, tandis que leurs bases se gonflent beaucoup, ne se dilacèrent que partiellement. L'obtention d'un sol qui se prend en masse nécessite une quantité relativement considérable de plante lavée (1 pour 25 à 30 d'eau avec le *Ch. crispus* ou le *Gig. mamillosa*); la gélation totale se produit avec une proportion notablement moindre de plante non lavée. Or, toutes ces espèces émettent, en séchant, des efflorescences plus ou moins abondantes où mon collègue M. Denigès a reconnu du ClK pur, ou mélangé à des traces de $SO^4Ca$ ou de $SO^4Mg$. La cuisson de plantes lavées, dans l'eau additionnée de l'un de ces trois corps, montre que le ClK intervient seul dans la gélation; le gel ainsi obtenu fond de nouveau par la chaleur et se prend en masse en se refroidissant.

La dessiccation à l'étuve des sols filtrés fournit une phycocolle de même

aspect que celle des espèces du groupe précédent; toutefois, elle ne se colore pas par l'iode; perd bientôt toute fermeté dans l'eau froide, y devient une bouillie épaisse. Les réactions diffèrent aussi; on emploie des sols d'une consistance correspondant à celle d'un empois d'amidon frais à 3 à 4 pour 100, préparés à l'aide de plantes lavées. Les électrolytes ci-dessus, employés dans les mêmes conditions que précédemment, produisent à dose faible un gel immédiat; malgré la monovalence de son métal, le ClK est généralement plus actif que les autres; les acides précipitent le sol en grumeaux gélatineux qui, tantôt se prennent en gel compact, tantôt redeviennent liquides après quelques heures; le sous-acétate et l'acétate neutre de plomb produisent une floculation suivie ou non de prise en masse; l'alcool à 95° solidifie le tout et un excès produit une floculation. L'intensité de ces réactions varie selon les espèces.

A part en Extrême-Orient, les Floridées utilisables sont partout aussi négligées qu'en Europe, même dans les pays plus favorisés sous le rapport de la taille des espèces. Ainsi, divers *Pterocladia, Gelidium, Hypnea, Gigartina* plus grands que les nôtres, l'*Eucheuma speciosum*, croissent en Australie; les côtes de Californie sont encore mieux pourvues, car les énormes *Grateloupia Cutleri*, *Gigartina radula*, *Gigartina spinosa* et bien d'autres y abondent. Si, comme il est vraisemblable, toutes ces espèces possèdent les mêmes propriétés que leurs congénères européennes, leur exploitation fournirait à l'industrie un important appoint de gélose.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° H.-C. Œrsted, *Naturvidenskabelige Skrifter udgivet til Minde om 21. Juli 1820*. Trois volumes adressés par l'Académie royale des sciences de Danemark.

2° *Atlas des régions pétrolifères de la France. Cartes des indices minéralogiques et toponymiques*, par Paul Durandin. (Présenté par M. le Prince Bonaparte.)

3° *Les nouvelles théories alimentaires*, par Raoul Lecoq.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une protubérance à grandes vitesses radiales.* Note [1] de M. V. **Burson**, transmise par M. Deslandres.

J'ai été chargé temporairement, à l'Observatoire de Meudon, de faire, avec le grand spectrohéliographe, les épreuves journalières du Soleil, c'est-à-dire, en principe, au moins une épreuve de la couche supérieure de l'atmosphère solaire, avec la raie $K_3$ du calcium, une épreuve de la couche basse avec la raie $K_1$, et une épreuve de vitesses radiales [2].

Or le 8 septembre, j'ai photographié une protubérance, animée de grands mouvements, qui s'est révélée à moi dans des conditions particulières, qu'il est bon de faire connaître.

J'ai d'abord fait une épreuve $K_3$ de $13^h40^m$ à $13^h45^m$.

Puis une épreuve $K_1$, dite $K_{1,v}$, obtenue en isolant une petite portion de la moitié violette de la raie $K_1$, de $13^h55^m$ à $14^h$.

Puis une épreuve $K_3$, à forte pose, qui doit donner d'une manière plus complète les protubérances, de $14^h10^m$ à $14^h20^m$.

Pour ne pas perdre de temps, chaque épreuve est faite, pendant que la précédente se développe, et de ce fait, l'épreuve $K_{1,v}$ ne put être examinée qu'après la pose de la deuxième épreuve $K_3$.

Or mon attention fut vivement attirée par une protubérance visible sur la photographie de la couche basse, ce qui est un phénomène d'une grande rareté.

Les épreuves de la couche basse ne montrent pas les protubérances qui sont détachées de la couche supérieure, et qui apparaissent avec les images de cette couche. Mais si la protubérance a une forte vitesse radiale, la raie correspondante est très déplacée, et peut alors se trouver dans la région du spectre qui, avec l'appareil, donne la couche basse.

Le fait curieux observé sur l'image de la couche basse doit annoncer une protubérance de la couche supérieure, qui se rapproche de la Terre avec une grande vitesse; même, dans le cas présent, cette vitesse devait être, au

---

(1) Séance du 13 septembre 1920.

(2) Les épreuves de vitesses radiales sont obtenues avec le grand spectrohéliographe qui peut être rapidement changé en spectroenregistreur des vitesses; il a, en effet, les organes supplémentaires qui permettent de transformer le mouvement continu en mouvement discontinu.

moins, de $100^{km}$ par seconde, vitesse qui correspond à l'intervalle de $1^{A},3$ qui existe entre la raie centrale $K_3$ et la partie isolée de la raie $K_1$.

Aussi ai-je fait immédiatement plusieurs épreuves de vitesses radiales, et même avec des largeurs de la deuxième fente, de $2^{mm}$ et de $3^{mm}$, supérieures à la largeur habituelle, qui est seulement de $1^{mm}$; l'explication précédente a été confirmée.

La première épreuve, posée de $14^h45^m$ à $14^h52^m$, montre des mouvements très forts de la raie protubérantielle entière, et certaines parties ont une vitesse de rapprochement supérieure à — 132 km : sec (1) sur les trois quarts environ des sections, la raie brillante du calcium, fortement déplacée, était, en dehors de la fente du spectrohéliographe, réglée sur la position normale de la raie $K_3$; la partie correspondante de la protubérance aurait donc manqué dans l'image de la couche supérieure.

La deuxième épreuve, posée de $15^h15^m$ à $15^h32^m$, montre des vitesses d'éloignement allant jusqu'à + 70 km : sec; quant à la troisième de $16^h10^m$ à $16^h23^m$, elle a des mouvements plus faibles à la fois vers le rouge et vers le violet.

Si l'on rapproche les dates des épreuves, on constate que les mouvements supérieurs à 100 km : sec ont dû durer au moins 1 heure.

Cette protubérance à grandes vitesses radiales apparaît au même point qu'une belle plage faculaire, dans laquelle se trouve uu groupe important de taches, qui était très voisin du bord Ouest, au moment du phénomène.

Ce groupe, qui s'est présenté au bord Est sur le disque le 28 août, a varié d'une façon continue et a augmenté en importance durant tout son passage; les épreuves de vitesses radiales faites dans cette période révèlent des mouvements radiaux, qui sont un peu supérieurs à ceux observés journellement à Meudon; il est vrai que les grands mouvements de la couche supérieure et des protubérances ne sont bien visibles qu'au bord extérieur.

A noter que ce groupe de taches était précédé, pendant son passage sur le disque, par un beau filament qui, le 8 septembre, était en arrière du contour apparent du Soleil.

---

(1) Sur certains points, la raie protubérantielle était déplacée jusqu'au bord de la deuxième fente, large de $2^{mm}$ et même limitée par ce bord; ce sont ces points qui ont donné la vitesse indiquée ci-dessus; mais la vitesse maxima atteinte était certainement supérieure; c'est pourquoi la largeur de la deuxième fente, pour l'épreuve suivante a été portée à $3^{mm}$; mais alors les vitesses radiales étaient diminuées.

*Remarques sur la Communication précédente de* M. V. Burson, par M. H. **Deslandres.**

La Note précédente expose un fait qui est relevé à Meudon pour la première fois, à savoir l'apparition d'une protubérance sur la couche basse de l'atmosphère; il est vrai que les images de la couche basse relevées à l'Observatoire sont beaucoup moins nombreuses que celles de la couche supérieure. Lorsque le ciel a une éclaircie, la couche supérieure, qui est la plus intéressante, est relevée la première avec les vapeurs du calcium et de l'hydrogène, et la couche basse est souvent sacrifiée.

L'observateur, M. Burson, a su bien interpréter le fait nouveau qui s'offrait à lui et a fait immédiatement les épreuves de vitesse radiale qui ont assuré son explication.

Cette observation fait bien ressortir les points faibles du spectrohéliographe, qui est en défaut lorsque la vapeur a de grands mouvements radiaux, c'est-à-dire dans les cas les plus intéressants [1]. Pour le relevé complet des perturbations solaires, il faut adjoindre au spectrohéliographe qui donne les formes un second spectroenregistreur spécial qui relève les vitesses radiales; il convient même d'organiser les choses de manière que les deux appareils fonctionnent en même temps. Ainsi avons-nous fait à Meudon, et l'on peut s'étonner que notre Observatoire soit jusqu'ici le seul qui ait des spectroenregistreurs des vitesses.

Dans mes premières Notes sur la question, déjà fort anciennes, puisqu'elles datent de 1891 et de 1893, j'ai réclamé l'enregistrement continu des éléments variables du Soleil; mais cet enregistrement continu n'a pas encore été réalisé nulle part; il exige un personnel nombreux qui manque à Meudon et aussi une grande dépense.

Il suffirait peut-être d'organiser l'étude continue du Soleil par l'observation oculaire avec un spectrographe approprié; deux observateurs au moins, se relayant d'heure en heure, seraient nécessaires. Lorsque l'un des observateurs constate avec l'œil une perturbation, l'autre, aussitôt prévenu,

---

(1) Ce défaut du spectrohéliographe est évidemment moindre lorsque la dispersion est faible. Aussi, en partie pour cette raison, mon premier spectrohéliographe, organisé en 1893, avait une petite dispersion; il est encore en service à Meudon, mais il n'a pas été employé le 8 septembre, à cause de l'insuffisance du personnel.

la photographie avec les deux appareils enregistreurs : spectrohéliographe et spectroenregistreurs des vitesses. Mais le personnel de Meudon est trop restreint, même pour cette organisation simplifiée. Il faudrait avoir aussi des avertisseurs spéciaux des variations magnétiques, qui annoncent au personnel le début des perturbations subies par l'aiguille aimantée.

Bref, il reste encore beaucoup à faire pour assurer l'étude continue du Soleil, qui s'annonce de plus en plus nécessaire, à cause des actions multiples exercées par le Soleil sur la Terre.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Position des fontaines sur la rive concave des rivières en terrains calcaires perméables.* Note (¹) de M. **Jules Welsch.**

Lorsqu'une rivière forme des méandres, on constate que la rive concave est souvent escarpée, tandis que la rive convexe forme une sorte de presqu'île en pentes douces. Ces deux zones opposées se succèdent le plus souvent alternativement le long de la vallée.

Si la région est constituée par des terrains perméables, sables ou calcaires fissurés, sans couche imperméable affleurant sur les pentes, les fontaines se trouvent dans le fond de la vallée, presque au niveau de la rivière, qui peut les recouvrir facilement dans les crues.

J'ai constaté souvent la présence de fontaines, quelquefois importantes, du côté concave de la rivière, en bas des escarpements, tandis qu'il n'y a pas de sources visibles dans la partie convexe ; je ne crois pas que le fait ait été signalé, et il peut avoir une importance pratique.

Comme exemple caractéristique, je citerai la vallée du Clain (²), dans les environs de Poitiers, où les pentes montrent partout les calcaires du Jurassique moyen, sillonnés de cassures nombreuses, malgré leur dureté. La ville de Poitiers est bâtie sur les déclivités de la rive gauche du Clain, formant une sorte de cône surbaissé, tandis que la rive droite concave porte les escarpements des Dunes ; en bas de ces derniers on voit, le long de la rivière, les grosses fontaines de la Celle, qui ont alimenté la ville autrefois, ainsi que toute une série d'autres sources, depuis le pont Joubert jusqu'au pont de Rochereuil.

---

(¹) Séance du 20 septembre 1920.

(²) On peut suivre les indications données sur la carte topographique à $\frac{1}{80000}$, feuille de Poitiers.

Si l'on descend le Clain, on voit le coteau des Dunes s'abaisser, disparaître et faire place à une boucle convexe en pentes douces, celle du cimetière de l'hôpital des Champs, où il n'y a plus de sources. Au contraire, l'escarpement se produit sur la rive gauche concave, falaises de la Cueille et du Porteau, avec les trois fontaines de la Porte de Paris, et, plus loin, celle du Moulin-Apparent.

Plus bas, la rive escarpée est sur la rive droite, avec les sources de Clotet, et celle de Fontaine.

Si l'on remonte le Clain à partir de Poitiers, l'escarpement se montre sur la rive gauche avec de petites fontaines, comme celle de Romanet (Tison), en face de la rive convexe des Sables. Plus au Sud, la rive gauche escarpée du moulin de Saint-Benoît montre les sources du Petit Gué et de la Fontaine à Froment. Puis l'escarpement change de rive et l'on a la petite fontaine de Mauroc. Au delà, les couches imperméables du Lias supérieur se montrent à flanc de coteau, et les sources ne sont plus au niveau du Clain.

Un autre exemple à citer est celui de la vallée de la Sèvre niortaise ; il y a de grosses fontaines sur la rive escarpée à Saint-Maixent (Saint-Martin), à la Crèche et à Ruffigny, à Sainte-Néomaye, à Salbart (le Vivier), à Saint-Maxire, à Salbœuf, à Surimeau, etc., soit dans le Jurassique, soit dans le Lias inférieur et moyen, qui sont calcaires.

Je pourrais indiquer beaucoup d'autres exemples dans le Poitou calcaire, fontaine de Couhé sur la Dive, la Cassette et Fleury sur la Boivre, Dalidant et Saint-Macoux sur la Charente, etc.

Il y a de nombreux exemples à citer dans d'autres formations géologiques calcaires que celles du Jurassique moyen, comme la fontaine des Ais, près de Sanxay (Vienne) sur les bords de la Vonne et celle de Mairé près Breillon (Deux-Sèvres), les deux au bas d'un escarpement de Lias moyen et de Lias inférieur, comme à Saint-Néomaye et à Surimeau. La grosse émergence de Lusserat, près Saintes (Charente-Inférieure), sort des calcaires crétacés, dans les mêmes conditions.

Il faut ajouter que beaucoup de ces grosses fontaines sont presque au débouché de vallons secs sur la vallée principale.

En général, il n'y a pas de fontaines sur la rive convexe, même si elle est calcaire. Mais le plus souvent, la presqu'île est couverte d'alluvions quaternaires et modernes; l'eau est disséminée partout et il n'y a pas de réseau de fentes, suceptible de réunir les eaux pour donner naissance à des émergences plus ou moins considérables; on y voit seulement des puits pour les usages domestiques.

Je ne vois pas d'autre explication de la présence des fontaines sur la rive concave.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les échanges gazeux de la racine avec l'atmosphère.* Note (¹) de M. **Raoul Cerighelli**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les échanges gazeux de la racine avec l'atmosphère ont été peu étudiés, du moins par les auteurs contemporains, car de Saussure, Corenwinder, Knop, Dehérain et Vesque avaient déjà démontré que la racine, comme tous les autres organes de la plante, absorbe de l'oxygène et dégage du gaz carbonique. Ce premier fait était donc acquis; mais il restait à savoir dans quelles proportions ces gaz étaient absorbés et exhalés par l'organe souterrain, et c'est ce que les précédents auteurs ne purent déterminer avec certitude. Il fallait encore vérifier si, dans certaines conditions, la racine ne pouvait pas absorber aussi du gaz carbonique comme l'ont, parfois, avancé certains auteurs; enfin il était nécessaire de déterminer l'influence de quelques facteurs sur les échanges gazeux de la racine et d'établir, par suite, les différences qui peuvent exister à ce point de vue entre les différents organes de la plante [2].

M'étant proposé de résoudre ces diverses questions, j'ai entrepris une série d'expériences sur des *racines en relation avec les parties aériennes de la plante* et sur des *racines qui en avaient été préalablement détachées.* Ces organes provenaient soit de plantes prélevées dans leurs stations naturelles ou dans des cultures de pleine terre, soit de plantes cultivées dans de la pierre ponce imbibée de liqueur de Knop.

Dans le cas où les racines étaient adhérentes à la plante, j'ai établi deux séries d'expériences.

Dans une première série, les organes étaient lutés dans la région du collet aux récipients de culture constitués par des verres de lampe retournés, et exerçaient, par conséquent, leurs échanges gazeux dans la pierre ponce humide. Dans une seconde série d'expériences, les organes étaient encore lutés aux récipients de culture, mais après que ceux-ci avaient été vidés de

---

(¹) Séance du 20 septembre 1920.

(²) Dans ses *Recherches sur la respiration des organes végétatifs des végétaux*, Nicolas (*Thèse*, Fac. Sc. Paris, 1909) avait déjà résolu une partie du problème en étudiant l'intensité respiratoire de la racine détachée de la plante.

pierre ponce; les racines exerçaient alors leur fonction dans une atmosphère d'air légèrement humide.

Lorsque les racines étaient détachées des parties aériennes, elles étaient également placées soit dans l'air, soit dans la pierre ponce pourvue de liquide nourricier.

Dans tous les cas, j'ai employé la méthode de l'air confiné et je me suis servi de l'appareil de MM. Bonnier et Mangin pour l'analyse des gaz. La température était maintenue constante à l'aide d'un thermostat convenablement réglé. Enfin, les racines étaient placées à l'obscurité et laissées plus ou moins longtemps en expérience, jusqu'à 24 et 48 heures pour les racines adhérentes.

Je donnerai d'abord les résultats que j'ai obtenus en étudiant les échanges gazeux des racines adhérentes de *Senecio vulgaris* L., *Lupinus albus* L., *Laurus nobilis* L. (plantule de 3 ans, venue en pleine terre).

Les intensités sont exprimées en millimètres cubes et se rapportent à la racine entière pour une durée d'une heure.

| | Pierre ponce. | | | Air. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO^2$ dégagé. | O absorbé. | $\frac{CO^2}{O}$. | $CO^2$ absorbé. | O dégagé. | $\frac{CO^2}{O}$. |
| *Senecio vulgaris* L... | 13,3 | 47,5 | 0,28 | 13 | 15,7 | 0,82 |
| *Lupinus albus* L..... | 41 | 126 | 0,32 | 59,1 | 68,2 | 0,86 |
| *Laurus nobilis* L..... | 41,6 | 140 | 0,29 | 46 | 56 | 0,82 |

Voici maintenant les nombres trouvés pour l'analyse des gaz obtenus en comparant les échanges gazeux des racines adhérentes à ceux des mêmes organes après sectionnement. Comme dans les expériences précédentes, j'ai opéré soit dans l'air, soit dans la pierre ponce; mais les résultats pour une durée d'une heure se rapportent au gramme de poids frais.

I. — *Racines placées dans l'air.*

| | Adhérentes aux parties aériennes. | | | Après sectionnement. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO^2$ absorbé. | O dégagé. | $\frac{CO^2}{O}$. | $CO^2$ absorbé. | O dégagé. | $\frac{CO^2}{O}$. |
| *Sonchus tenerrimus* L............ | 109 | 111 | 0,98 | 78 | 83 | 0,94 |
| *Erodium malacoides* Willd........ | 152 | 202 | 0,75 | 118 | 140 | 0,84 |
| *Heliotropium europæum* L........ | 205 | 207 | 0,99 | 177 | 189 | 0,93 |

II. — *Racines placées dans la pierre ponce.*

| | Adhérentes aux parties aériennes. | | | Après sectionnement. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO^2$ absorbé. | O dégagé. | $\frac{CO^2}{O}$. | $CO^2$ absorbé. | O dégagé. | $\frac{CO^2}{O}$. |
| *Capsella Bursa-pastoris* Mœnch... | 195 | 857 | 0,23 | 258 | 278 | 0,92 |
| *Senecio vulgaris* L. | 148 | 307 | 0,48 | 206 | 273 | 0,75 |
| *Malva silvestris* L. | 218 | 407 | 0,53 | 347 | 450 | 0,77 |

Des phénomènes que je viens de rapporter, je donnerai l'interprétation suivante :

1° La respiration des racines s'établit comme celle des autres organes de la plante, placées en atmosphère confinée. Il y a absorption d'oxygène et dégagement de gaz carbonique en quantités telles que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ prend une valeur variant de 0,7 à 1, suivant les espèces.

2° Lorsque les racines sont au contact d'une atmosphère très humide, il y a augmentation de la respiration : la quantité d'oxygène absorbé est plus grande que dans une atmosphère sèche, de même celle du gaz carbonique exhalé, et le rapport $\frac{CO^2}{O}$ demeure constant (cas des racines sectionnées dans la pierre ponce). Cette conclusion apparaîtra mieux dans les deux expériences suivantes, faites avec des *racines sectionnées* de *Sonchus tenerrimus* L. et de *Senecio vulgaris* L.

| | Atmosphère sèche. | | | Atmosphère humide. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO^2$ dégagé. | O absorbé. | $\frac{CO^2}{O}$. | $CO^2$ dégagé. | O absorbé. | $\frac{CO^2}{O}$. |
| *Sonchus tenerrimus* L.... | 104 | 115 | 0,90 | 225 | 249 | 0,90 |
| *Senecio vulgaris* L. | 152 | 185 | 0,82 | 206 | 273 | 0,75 |

3° Lorsque les racines sont au contact d'une atmosphère très humide et qu'elles sont en *relation avec les parties aériennes,* il y a bien encore augmentation de la respiration, mais le gaz carbonique formé pendant cette fonction n'est pas complètement exhalé, et une partie de ce gaz est entraînée dans les parties supérieures de la plante, si bien que le rapport respiratoire atteint, dans ces derniers cas, des valeurs très faibles. Ce phénomène paraît être en relation avec l'absorption de l'eau par la racine; c'est l'eau absorbée qui entraînerait le gaz carbonique [1].

(1) Corenwinder avait bien montré que les racines sectionnées dégagent plus de gaz carbonique que les racines adhérentes et il avait même pensé qu'une partie de gaz

Enfin je dirai, en terminant, que je n'ai jamais constaté une absorption du gaz carbonique, du moins à l'état gazeux. D'autre part, je pense que le gaz carbonique d'origine radiculaire peut jouer dans la plante un rôle plus important que le gaz carbonique dissous dans l'eau du sol et qui est absorbé en même temps que cette dernière ([1]).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les matières azotées et l'acide phosphorique dans la maturation et la germination du blé.* Note ([2]) de MM. **Eug. Rousseaux** et **Sirot**, présentée par M. Lindet.

Dans des travaux antérieurs sur la valeur boulangère des farines, nous avons montré que dans des farines de blés normalement et complètement mûrs et bien récoltés, il existe une proportion d'azote soluble à peu près constante par rapport à l'azote total, laquelle proportion paraît correspondre à la meilleure panification. Dans les farines qui se panifient mal, la proportion d'azote soluble s'écarte de cette constante ([3]).

Nous avons suivi, non plus seulement sur les farines mais sur le blé lui-même, les variations de l'azote et aussi celles de l'acide phosphorique et de l'acidité. Nos analyses ont porté sur des échantillons moyens de grains de blés prélevés tous les cinq jours dans un même champ, depuis la formation du grain jusqu'à la récolte; ensuite, une fois le blé récolté, nous avons laissé pendant quelque temps une gerbe sur place, où elle fut mouillée par la pluie. Sur les grains de cette gerbe en état de germination, nous avons isolé les grains simplement gonflés et ceux qui, déjà, avaient donné naissance à une jeune plantule. Nous avons pu établir ainsi le graphique de ces variations. Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant :

circulait dans la plante; mais n'ayant pas dosé l'oxygène du mélange gazeux et ayant opéré toujours dans un même milieu, il n'avait pas mis en évidence le rôle de l'absorption de l'eau dans ce phénomène.

([1]) Contrairement à ce que pense G. Pollacci (*Atti dell Ist. Bot. dell'Università di Pavia*, 2e série, t. 17, p. 29-51).

([2]) Séance du 20 septembre 1920.

([3]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 723; t. 166, 1918, p. 190.

| Dates des prélèvements. | Poids de 100 grains. | Humidité pour 100. | Acidité en $SO^4H^2$. | Azote | | Rapport : Azote soluble pour 100 d'azote total. | $P^2O^5$ | | Rapport : $P^2O^5$ soluble pour 100 $P^2O^5$ total. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | total. | soluble. | | total. | soluble. | |
| 23 juin........ | 3,000 | 72,0 | 0,300 | 2,10 | 1,03 | 49,0 | 0,96 | 0,739 | 76,9 |
| 25 » ........ | 3,049 | 70,0 | 0,283 | 2,23 | 1,06 | 47,6 | 0,97 | 0,727 | 74,9 |
| 27 » ........ | 5,494 | 68,7 | 0,271 | 2,33 | 0,888 | 37,9 | 0,99 | 0,681 | 69,3 |
| 29 » ........ | 5,682 | 66,5 | 0,192 | 2,64 | 0,835 | 31,6 | 0,95 | 0,600 | 63,6 |
| 3 juillet...... | 7,462 | 60,7 | 0,132 | 2,68 | 0,715 | 26,6 | 0,98 | 0,420 | 43,2 |
| 6 » ...... | 8,620 | 58,9 | 0,063 | 2,67 | 0,562 | 21,0 | 1,02 | 0,380 | 37,6 |
| 9 » ...... | 8,860 | 53,0 | 0,059 | 2,56 | 0,383 | 14,9 | 1,03 | 0,320 | 31,2 |
| 11 » ...... | 9,330 | 48,0 | 0,056 | 2,44 | 0,225 | 9,2 | 0,94 | 0,280 | 30,0 |
| 14 » ...... | 9,210 | 46,0 | 0,050 | 2,42 | 0,333 | 13,7 | 0,97 | 0,330 | 34,2 |
| 16 » ...... | 9,090 | 42,5 | 0,045 | 2,54 | 0,361 | 14,2 | 0,96 | 0,360 | 37,5 |
| 20 » ...... | 7,140 | 31,5 | 0,036 | 2,46 | 0,325 | 13,2 | 0,98 | 0,320 | 33,3 |
| 23 » ...... | 6,130 | 19,80 | 0,032 | 2,40 | 0,335 | 13,9 | 0,92 | 0,330 | 35,2 |
| 26 » ...... | 5,800 | 14,40 | 0,015 | 2,22 | 0,314 | 14,0 | 0,98 | 0,350 | 36,1 |
| 31 » ...... | 5,300 | 12,10 | 0,016 | 2,27 | 0,341 | 15,0 | 1,01 | 0,350 | 34,8 |
| 6 août....... | » | » | 0,029 | 2,29 | 0,328 | 14,3 | 1,296 | 0,350 | 27,0 |
| 9 » ....... | » | » | 0,038 | 2,27 | 0,488 | 21,4 | 1,279 | 0,430 | 33,6 |
| 11 » ....... | » | » | 0,048 | 2,33 | 0,838 | 36,0 | 1,282 | 0,540 | 42,0 |

*Nota.* — Du 23 juin au 3 juillet, grains très laiteux, peu de distinction entre les assises. Du 6 au 9 juillet, enveloppes distinctes. Du 11 au 14 juillet, grains jaunâtres, gluten apparaît. Du 16 au 23 juillet, gluten se sépare. Le 26 juillet, récolte. Le 31 juillet, grain conservé à l'air. Le 6 août, début de la germination. Le 9 août, milieu de la germination. Le 11 août, fin de la germination.

*Azote.* — L'azote total est peu variable : il augmente, puis diminue lentement et légèrement à mesure de la prédominance des hydrates de carbone. Mais si la proportion centésimale varie peu, par contre, l'état sous lequel il existe est bien différent : d'abord soluble dans la proportion de 49 pour 100, il s'insolubilise progressivement, sa solubilité s'abaissant à 9 pour 100. On constate alors une nouvelle et légère solubilisation qu'indique le relèvement de la courbe, puis, trois ou quatre jours après, un état d'équilibre à peu près stable, avec une proportion de soluble voisine de 14 pour 100. Cette stabilisation semble correspondre à la maturation, au sens chimique du mot, qui précéderait d'une quinzaine de jours la récolte. On peut expliquer cette nouvelle solubilisation de l'azote : la graine, qui est encore très humide (48 pour 100 d'eau) possède une activité vitale considérable qui se traduit, comme l'a montré Müntz dans son Étude sur la germination des graines amylacées, par une perte de poids due à la respiration. Il s'ensuit certainement des transformations qui nécessitent des solubilisations intérieures rapides. La proportion d'azote soluble reste voisine de 14 pour 100 par rapport à l'azote total, tant que le blé est conservé dans des conditions normales.

Mais vient-il à germer, alors on observe une nouvelle solubilisation rapide de l'azote : la courbe se relève brusquement et la solubilité atteint 36 pour 100 dans le grain gonflé et germé, et 52 pour 100 dans le germe lui-même (¹).

*Acide phosphorique.* — La marche de l'acide phosphorique est tout à fait parallèle à celle de l'azote ; la proportion centésimale est à peu près uniforme, mais la solubilité passe de 76 à 30 pour 100, pour remonter légèrement et se stabiliser à environ 35 pour 100. A la germination, elle se relève rapidement à 42 pour 100 dans le grain germé.

Le parallélisme des variations de l'azote et de l'acide phosphorique n'est pas sans présenter un intérêt pratique : on peut admettre une relation entre le manque d'azote assimilable dans les sols avec l'appauvrissement en gluten des blés à grands rendements ; mais il semble qu'il ne sera pas suffisant d'intensifier l'emploi des engrais azotés facilement nitrifiables, il faudra également faire un plus large emploi des engrais phosphatés.

*Acidité.* — Pendant la maturation, l'acidité suit une marche nettement et régulièrement descendante, passant de 0,300 à 0,016, pour remonter à 0,048 dans le grain germé.

En résumé, le blé arrive à la maturation normale et complète dans un état de stabilité qui, pour les matières azotées et les matières phosphatées, correspond à un certain rapport entre les matières solubles et insolubles. A des rapports différents correspondent une insuffisance de maturation ou une tendance à la germination, c'est-à-dire des états du grain ou de la farine plus ou moins défavorables à la panification.

Les présentes recherches mettent en évidence que le point de départ de nos études antérieures sur les matières azotées solubles comme indice de la valeur boulangère des farines était parfaitement rationnel.

---

(¹) Dans les farines dites *maltées*, obtenues par cuisson sous pression ou par maltage (germination), en vue d'en rendre les éléments plus solubles et assimilables, la proportion d'azote soluble par rapport à l'azote total est élevée, comme dans des farines provenant de blés germés. C'est ainsi que nous avons trouvé qu'elle était de 32,2 et 35,1 pour 100 dans des farines d'orge malté ; de 57,5 pour 100 dans des farines de lentilles ; de 51,3 pour 100 dans des farines de pois ; de 50,8 pour 100 dans des farines de haricots.

AGRONOMIE. — *Influence du travail souterrain des taupes sur la flore des pâturages du Cantal.* Note (¹) de MM. A.-J. URBAIN et PIERRE MARTY, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les prairies du Cantal soumises à la dépaissance, et particulièrement celles des hauts sommets, sont peuplées de taupes qui creusent sous terre à une légère profondeur un réseau de galeries en rejetant de loin en loin, à la surface, la terre qu'elles ont déplacée. Elles forment aussi de nombreux amas : des *taupinières*. Celles-ci ne tardent pas à être envahies par une végétation plus ou moins abondante qui donne à la prairie un aspect très particulier. Il nous a paru intéressant d'étudier la flore de ces taupinières et de suivre son développement.

L'examen de la coupe d'une taupinière récente montre, au milieu de la terre finement pulvérisée, de nombreux fragments de racines et de rhizomes. L'amas de terre qui la constitue recouvre les plantes de la prairie sur une surface de $15^{cm}$ à $40^{cm}$, sa hauteur variant de $20^{cm}$ à $35^{cm}$; les plantes ainsi recouvertes ne tardent pas à périr.

La surface de la taupinière, sous l'action de l'évaporation se dessèche rapidement, sa partie interne garde au contraire un degré d'humidité élevé et persistant. Sous l'influence de cette humidité les rhizomes des plantes voisines subissent une attraction vers le centre du tertre; là, parfois ils se redressent pour donner une plante feuillée (*Carex*) ou émettent des bourgeons latéraux qui donneront des tiges (*Phleum*, *Cynodon*). Les fragments de rhizome disséminés au sein de la taupinière présentent assez rapidement, au niveau d'un nœud, des racines adventives; un bourgeon latéral y apparaît ensuite, il se développera ultérieurement en une tige aérienne. Enfin, à la périphérie des plantes vivaces peu recouvertes par la terre réussissent parfois à étaler à nouveau leurs feuilles (*Renonculacées*, *Joncées*, etc.). En résumé, au bout d'un temps qui varie de deux à trois mois, une végétation indigène commence à envahir la taupinière. Il va bientôt s'en ajouter une autre, due aux graines provenant des plantes de la prairie qui dans les circonstances habituelles ne germeraient pas. A ces graines s'en adjoignent un certain nombre apportées par le vent ou les oiseaux. Toutes trouvent en cette terre meuble un milieu très favorable à leur germination, et l'on voit s'y développer assez rapidement de nouvelles plantes.

En sorte qu'avec la première année apparaît un premier stade de végétation comprenant des espèces indigènes associées à d'autres, moins nombreuses, étrangères à la prairie.

La deuxième année voit le nombre des espèces s'augmenter, avec une prédominance marquée des *Légumineuses* et des *Graminées*.

---

(¹) Séance du 20 septembre 1920.

Enfin la troisième année constitue en général le dernier stade de l'évolution de cette flore; tassé par la pluie et le passage du bétail, le tertre tend à s'étaler, sa végétation, accrue d'espèces nouvelles, se confond alors avec celle de la prairie qui la supporte.

Voici, à titre d'indication, les espèces trouvées pendant les deux premières années sur les taupinières d'une prairie humide des environs d'Aurillac :

PREMIÈRE ANNÉE.

| | |
|---|---|
| Plantes existant normalement dans la prairie. | *Ranunculus acris* L., *Ranunculus bulbosus* L., *Trifolium repens* L., *Hieracium Pilosella* L., *Rumex Acetosella* L., *Juncus effusus* L. |
| Plantes étrangères à la prairie. | *Lotus corniculatus* L., *Trifolium pratense* L., *Cirsium acaule* All. (rare), *Cichorium Intybus* (rare), *Veronica serpyllifolia* L., *Ajuga reptans* L. |

DEUXIÈME ANNÉE.

| | |
|---|---|
| Plantes existant normalement dans la prairie. | *Ranunculus acris* L., *Ranunculus bulbosus* L., *Ranunculus Flammula* (rare), *Trifolium repens* L., *Trifolium montanum* L. (rare), *Potentilla verna* L., *Achillea Millefolium* L., *Taraxacum Dens-Leonis* L., *Hieracium Pilosella* L., *Gentiana Pneumonanthe* L. (rare), *Myosotis palustris* With (rare), *Rumex Acetosella* L., *Juncus effusus* L., *Luzula campestris* D. C., *Carex vulgaris* Fries, *Nardus stricta* L., *Anthoxanthum odoratum* L. (rare), *Phleum pratense* L., *Poa pratensis* L., *Poa trivialis* L., *Agrostis alba* L. |
| Plantes étrangères à la prairie. | *Polygala vulgaris* L., *Lotus corniculatus* L., *Trifolium pratense* L., *Vicia Orobus* D. C. (rare), *Potentilla reptans* L., *Galium verum* L. (rare), *Circium acaule* All. (rare), *Calluna vulgaris* Salisb., *Plantago lanceolata* L., *Holcus lanatus* L., *Polytrichum commune* L. |

Dans l'exemple que nous citons, on a noté ensuite, au cours de la troisième année, la disparition d'un certain nombre de plantes adventices : *Ranunculus Flammula* L., *Polygala vulgaris* L., *Galium verum* L., *Cirsium acaule* All, etc. En outre, le *Calluna vulgaris* Salisb. et le *Polytrichum commune* L. tendent à disparaître. A ce stade, les plantes qui existent sur la taupinière rappellent donc celles de la prairie qui la porte, augmentées d'espèces nouvelles telles que : *Lotus corniculatus* L., *Trifolium pratense* L., etc.

Il est intéressant, en outre, de signaler que sur certains points la *Calluna vulgaris* Salisb. est remplacée par le *Salix cinerea* L. ; en d'autres endroits on constate l'apparition, en grand nombre, du *Carduus nutans* L., qui disparaît la troisième

année, étouffé par la végétation indigène; ailleurs, c'est le *Festuca duriuscula* L. qui abonde, etc.

En *résumé*, le travail souterrain des taupes dans les pâturages cantaliens soumis à la dépaissance seule, c'est-à-dire ceux où le fauchage n'a pas eu lieu, a pour effet :

1° de drainer le sol;

2° de faire, en de nombreux points, au niveau des taupinières, un véritable labour et un véritable sarclage, grâce à quoi les graines naturelles de la prairie, et celles apportées par le vent et les oiseaux, germeront facilement et pourront lutter efficacement avec la végétation indigène;

3° d'introduire ainsi dans la prairie des plantes nouvelles, souvent très fourragères (*Lotus corniculatus* L., *Trifolium pratense* L., *Holcus lanatus* L., etc.).

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les rapports de l'irritabilité ectodermique aneurale avec les fonctionnements musculaire et nerveux chez les embryons d'Amphibiens.* Note de M. **P. Wintrebert**, transmise par M. Y. Delage.

Les résultats que j'ai obtenus depuis 1904-1905 (1) peuvent être résumés de la manière suivante :

1° Avant le premier mouvement spontané, une contracture directe des myotomes mésotiques peut être provoquée par la stimulation d'une aiguille; ce fait, déjà signalé par Hooker (1911) (2), confirme mes observations antérieures (1903-1905) sur les muscles des membres et les myotomes développés en dehors du système nerveux.

2° La phase de mouvement spontané, qui précède l'instant où se manifeste « l'irritabilité ectodermique aneurale », n'est pas de même durée chez toutes les espèces. La sensibilité de la pointe caudale qui marque l'entrée en jeu de cette irritabilité se manifeste, chez *Hyla arborea*, quand la tête s'infléchit latéralement de 45°, chez *Discoglossus pictus* et *Amblystoma punctatum* quand la déviation céphalique atteint l'angle droit, chez *Triton*

(1) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 57, p. 645, et t. 59, p. 58.
(2) *Journ. exp. Zool.*, t. 2.

*alpestris* quand le corps se courbe en V, chez *Amblystoma tigrinum* quand la contraction détermine un U serré ou une boucle.

3° La contraction débute dans les myotomes post-auriculaires les plus antérieurs. Alors que la tête se soulève à peine chez *Discoglossus*, l'onde part du premier myotome et se propage rapidement jusqu'au cinquième. La position du premier pli de flexion au niveau du quatrième myotome tient seulement à la résistance moins grande du corps à cet endroit.

4° Les premières contractions spontanées sont d'origine nerveuse; en piquant la peau dans la région postérieure des premiers territoires sensibles, la réponse motrice commence toujours dans les myotomes antérieurs et présente par conséquent le caractère d'un réflexe.

5° La contraction des Amphibiens, d'allure tonique, est bien différente de la contraction clonique, rythmée, aneurale des Sélaciens (1); dès que la contraction spontanée de ces derniers peut être *tenue*, la liaison neuro-musculaire est effectuée. La tonicité d'une contraction musculaire semble donc indiquer son origine nerveuse.

6° Après la disparition de *l'irritabilité ectodermique aneurale* la queue entière est nerveusement sensible chez les Urodèles, comme je l'ai montré sur l'Axolotl (1); mais, chez certains têtards d'Anoures (*Discoglossus pictus*, *Rana temporaria*), l'extrémité caudale, précédemment excitable, *redevient insensible*. L'extension postérieure, plus ou moins grande, des territoires nerveux semble dépendre, à cette époque, de l'allongement plus ou moins rapide de la queue; en effet, quand cesse *l'irritabilité aneurale*, la queue des Urodèles est courte; elle est contenue trois fois et demie environ dans la longueur totale; tandis que la queue des Anoures mesure déjà la moitié de la longueur.

7° Au cours de *l'irritabitité ectodermique aneurale* toute réponse réflexe, obtenue sur un embryon entier par une piqûre du tégument, est hétéro-latérale. Avant l'avènement de cette irritabilité, la stimulation cutanée des premiers territoires nerveusement sensibles provoque une courbure soit du côté piqué, soit du côté opposé, soit toujours du même côté; Coghill (2) en 1909 avait décrit ces réponses qu'il appelle *irrégulières*, *asy-*

---

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 369, et *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 81, 1918, p. 534 et 585.

(2) *Journ. comp. Neurol.*, Bd 19.

*métriques*, mais plus tard, avec Herrick (1915) [1], il affirme l'hétéro-latéralité des premières réactions. Je ne suis pas de cet avis; j'observe même que les premières réponses réflexes de tous les métamères nerveux, que l'on peut surprendre sur des fragments postérieurs, détachés à différents niveaux du tronc et de la queue et examinés après la cicatrisation de leur blessure antérieure, se produisent indifféremment dans les deux sens, sans qu'on puisse prévoir leur orientation; et je constate qu'elles sont plus souvent homo-latérales qu'hétéro-latérales.

8° Le lieu de la fonction neuro-ectodermique, où l'excitation conduite par l'ectoderme est recueillie par l'appareil nerveux, ne s'étend pas à toute la longueur de la région cutanée nerveusement sensible; il est facile de le démontrer sur des fragments postérieurs isolés et guéris, contenant un nombre plus ou moins grand de métamères du tronc. Ainsi, de tels fragments, chez l'*Axolotl*, ne répondent à une piqûre de l'extrémité caudale, au début de l'irritabilité aneurale, que s'ils contiennent le cinquième myotome post-branchial, et, à la fin de cette irritabilité, que s'ils possèdent le onzième métamère post-branchial; or, dans le premier cas, la sensibilité nerveuse s'étend jusqu'au quinzième métamère du tronc et, dans le second, elle a envahi la plus grande partie de la queue. Les mêmes faits s'observent chez les Anoures (*Rana temporaria*). Ils conduisent à penser que les terminaisons libres des nerfs sensitifs dans l'ectoderme sont insuffisantes à établir le raccord neuro-ectodermique et que des organes spéciaux sont nécessaires pour le constituer. Ils mènent à cette conception que « l'irritabilité ectodermique aneurale » et la fonction nerveuse se développent indépendamment l'une de l'autre, que la première est antérieure à la seconde, malgré qu'elle ne soit révélée par le fonctionnement musculaire qu'après une phase de sensibilité nerveuse cutanée, qu'en particulier elle est susceptible de relier d'une manière précoce et de mettre en harmonie les fonctionnements épars des cellules vibratiles, mais qu'elle ne se révèle d'une manière précise et indubitable qu'à une période déjà avancée du fonctionnement neuro-musculaire, grâce aux communications spéciales et étroitement localisées qui s'établissent entre l'ectoderme et le système nerveux. La généralisation immédiate de l'irritabilité aneurale à tout le domaine cutané et sa brusque apparition sont en faveur de cette hypothèse.

---

(1) *Journ. comp. Neurol.*, Bd 25.

ZOOLOGIE. — *L'appareil tentaculaire et l'appareil gonadien de* Cœloplana gonoctena (*Krempf*). Note de M. **Armand Krempf**, transmise par M. Yves Delage.

L'appareil tentaculaire des Cténophores, avec sa puissante musculature et son revêtement de colloblastes, passe pour une des structures les plus originales de ces animaux : il semble difficile de retrouver ses homologies chez les autres Cœlentérés supérieurs. Le tentacule de *Cœloplana gonoctena*, fort bien développé et très facile à étudier, me permet de présenter à cet égard une suggestion appuyée sur des faits : j'ai pu suivre son évolution et observer, dans d'excellentes conditions, sa régénération expérimentale complète.

Il a pour origine un petit bourgeon d'endoderme archentérique qui s'isole du revêtement épithélial du canal tentaculaire pour s'inclure dans la mésoglée. On le voit alors grossir, puis se scinder en deux éléments superposés, l'un proximal, l'autre distal. Le premier de ces éléments donne naissance au massif qui formera la musculature du tentacule; le second de ces éléments, recouvrant le premier comme d'une sorte de coiffe, est l'origine du massif colloblastique. La croissance de ces deux massifs est assurée, pour toute la vie de l'animal, par le jeu d'une forte réserve de cellules embryonnaires, et cette croissance se trouve réglée de telle façon qu'à une période d'activité de production musculaire corresponde une période d'activité de formation pour les colloblastes : les accidents périodiques du tentacule, connus sous le nom de *tentilles*, résultent du parfait ajustage de ces deux rythmes de croissance.

De nos observations il découle : 1° que le massif à colloblastes et le massif musculaire du tentacule ont pour origine une ébauche commune qui dérive du revêtement de la cavité archentérique; 2° que ce complexe, à deux massifs superposés, offre les plus grandes ressemblances avec la tœnio-columelle des Acalèphes, elle aussi formée par deux massifs superposés, dérivant du dédoublement d'un massif unique. Ces ressemblances deviennent saisissantes si l'on prend soin d'ajouter : premièrement, que chez les Acalèphes, le massif proximal donne naissance à la puissante musculature tœnio-columellaire, de même qu'il forme la musculature tentaculaire chez les Cténophores; deuxièmement, que le massif distal chez les

Acalèphes constitue une énorme accumulation de nématocystes, de même que chez les Cténophores il assure la formation et le renouvellement constant des colloblastes : ce parallélisme rigoureux entraîne l'homologie du tentacule des Cténophores avec la tœnio-columelle des Acalèphes.

L'appareil gonadien de *Cœloplana gonoctena* n'offre pas moins d'intérêt que son appareil tentaculaire. L'animal est hermaphrodite. Mais son hermaphroditisme est successif à point de départ protérandrique et à prédominance mâle. On trouve en effet des mâles en spermatogenèse pendant toute l'année : on ne rencontre qu'un très petit nombre de femelles, et à la fin de l'été seulement.

*Gonades mâles.* — Mortensen (1912), ayant mis en doute la correction des assertions de Willey sur les rapports du testicule de Cténoplana avec l'ectoderme par un canal débouchant directement au dehors, il importe de dire que mes observations confirment pleinement celles du zoologiste anglais. Elles les étendent en outre singulièrement : le nombre des follicules testiculaires individualisés est en effet très grand chez *C. gonoctena*, et j'ai pu constater que chacun d'eux débouchait à l'extérieur par un canal propre. En outre j'ai pu suivre le mode de développement de la formation gonadienne mâle tout entière, et j'ai observé que le follicule testiculaire et son canal dérivaient d'une ébauche endodermique. Leur évolution s'effectue suivant un processus en tout point comparable à celui que nous avons indiqué pour l'ébauche du massif colloblastique de l'appareil tentaculaire.

Devant cette description, on ne peut s'empêcher de mettre en comparaison le follicule testiculaire de *C. gonoctena* avec celui des Némertiens et de constater la grande ressemblance de ces deux organes.

*Gonades femelles.* — Le follicule ovarien se développe comme le follicule testiculaire : il prend naissance aux dépens du même épithélium endodermique dans le réseau des canaux gonadiens. Il est disposé de telle façon qu'à une ébauche ovarienne sur une paroi d'un canal réponde une ébauche testiculaire sur la paroi opposée du même canal. Comme le testicule, l'ovaire s'isole dans la mésoglée. Je dois signaler qu'au cours de l'évolution ovarienne, un bon nombre d'ovocytes subissent sur place une dégénérescence vitelline qui, par l'important développement de la formation organique à laquelle elle donne naissance, fait penser aux organes vitellogènes des Platodes.

Mon jugement général sur *C. gonoctena* peut se résumer en quelques mots. C'est un Cœlentéré qui présente un mélange de dispositions primi-

tives et de caractères très évolués. C'est, avant tout, un Cténophore. Mais l'évolution poussée très loin de cette forme exceptionnelle nous révèle les véritables affinités du groupe auquel elle appartient, groupe que nous ne connaissons guère jusqu'ici que par des représentants néoténiques morphologiquement incomplets (tous les Cténophores pélagiques).

Envisagées sous le jour où la connaissance des Cœloplanides et des autres Platycténides nous permet désormais de les concevoir, les affinités des Cténophores sont doubles : à l'analyse, elles se montrent aussi nombreuses et aussi solides avec les Cœlentérés supérieurs (Anthozoaires, Acalèphes) qu'avec les Vers plats (Némertes, Turbellariés).

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 4 OCTOBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Le Congrès international de Mathématiques de Strasbourg*. Note de M. **ÉMILE PICARD**.

Il ne sera peut-être pas sans intérêt de donner quelques renseignements sur le Congrès international de Mathématiques, qui vient de finir. C'est à Bruxelles l'année dernière, à la troisième conférence interalliée des Académies scientifiques, que la proposition fut faite de réunir un tel Congrès à Strasbourg. L'Académie se rappelle que la reprise des relations internationales après la guerre avait été étudiée longuement à Londres et à Paris, en octobre et novembre 1918, dans deux conférences interacadémiques, où figuraient des représentants des puissances alors en guerre avec les empires centraux. Dans ces réunions, il fut insisté fortement sur ce point que les guerres antérieures n'avaient pas détruit la mutuelle estime des savants belligérants les uns pour les autres, et que la paix alors avait pu effacer après peu d'années les traces du passé. « Mais aujourd'hui, concluaient à l'unanimité les délégués des pays alliés, les conditions sont tout autres. Des crimes sans nom vont laisser, dans l'histoire des nations coupables, une tache, que des signatures au bas d'un traité de paix ne sauraient laver. Aussi devrons-nous abandonner les anciennes associations internationales, et en créer de nouvelles avec le concours éventuel des neutres. » Tels sont les principes qui ont guidé les décisions prises d'abord à Londres et à Paris, confirmées et précisées dans une nouvelle conférenee tenue à Bruxelles en juillet 1919. Un Conseil international de recherches fut créé, auquel se rattachaient, par l'adhésion à certaines idées générales,

mais en gardant une large indépendance, des Unions internationales se rapportant aux différents ordres de sciences. Enfin, les nations neutres seraient priées d'adhérer au Conseil international de recherches, ainsi qu'aux diverses Unions (1).

Ce programme est presque entièrement réalisé aujourd'hui. Un grand nombre de pays ont adhéré au Conseil international de recherches, et diverses Unions ont été fondées, dont en dernier lieu l'Union internationale de Mathématiques.

C'est conformément à ce plan général que fut convoqué le Congrès, qui vient de se tenir à Strasbourg (2). Il est le premier Congrès scientifique international réuni depuis la guerre. Il inaugure un ordre nouveau, ne s'insérant dans aucune suite déjà commencée. Des invitations personnelles avaient été envoyées par le Comité national français de Mathématiques aux savants des pays alliés et amis. Nous n'avons jamais dissimulé que nous entendions donner à ce Congrès une signification particulière, en le réunissant à Strasbourg. Aussi avons-nous été extrêmement touchés de l'empressement avec lequel nos amis étrangers ont répondu à notre appel. Arrivés dans cette ville, ils se sont laissés, comme nous, pénétrer par l'atmosphère alsacienne, et beaucoup se sont livrés à des réflexions que, loin d'ici, ils n'avaient pas été amenés à faire. Des liens plus intimes ont été formés, qui resteront précieux.

A tout point de vue, le Congrès, qui vient de se terminer, a réussi au delà de nos espérances. Nos diverses sections ont entendu des communications de haute importance. Cinq conférences générales, extrêmement brillantes, ont été faites : notre Associé étranger, M. Volterra, professeur à l'Université de Rome, a parlé de l'enseignement de la Physique mathématique; trois de nos Correspondants, Sir Joseph Larmor, professeur à l'Université de Cambridge; M. de la Vallée-Poussin, professeur à l'Université de Louvain; M. Dickson, professeur à l'Université de Chicago, ont choisi, comme sujets de leurs conférences, l'indétermination en physique, les fonctions à variation bornée, les relations entre la théorie des nombres et d'autres branches des Mathématiques. Enfin M. Nörlund, professeur à l'Université

(1) Pour le détail des résolutions prises, voir les *Comptes rendus* des 21 octobre 1918, 9 décembre 1918 et 25 août 1919.

(2) Le Bureau du Congrès a été ainsi formé : Président d'honneur, M. Jordan; Président, M. Émile Picard; Vice-Présidents, MM. Dickson, Larmor, Nörlund, de la Vallée-Poussin, Villat, Volterra; Secrétaire général, M. Kœnigs; Secrétaire, M. Galbrun.

de Copenhague, nous a entretenus de la théorie des équations aux différences finies. Toutes les communications et les conférences générales seront réunies dans un Ouvrage qui restera le témoin de l'activité scientifique de ce Congrès.

M. le Ministre des Affaires étrangères, M. le Commissaire général d'Alsace-Lorraine, M. le Maire et M. le Président de la Chambre de Commerce de Strasbourg ont bien voulu s'intéresser à l'œuvre entreprise. Nous avons aussi rencontré un concours empressé auprès de diverses Sociétés industrielles et financières, ainsi que de nombreux particuliers, qui ont compris que, dans les circonstances présentes, la réussite de la réunion projetée importait à l'honneur de la Science française. Des uns et des autres nous avons reçu de larges subventions. Je suis sûr d'être l'interprète de l'Académie, qui a pris une si large part dans l'élaboration des nouveaux statuts internationaux, en adressant, en son nom, des remercîments à tous ceux qui ont contribué à l'éclat du Congrès de Strasbourg.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

Pendant les vacances dernières, l'Académie a eu la douleur de perdre un de ses Correspondants les plus illustres, le grand astronome anglais, Sir **Norman Lockyer**, qui s'est éteint, âgé de 84 ans, dans le nouvel observatoire qu'il avait organisé récemment à Sidmouth.

Sir Norman Lockyer est un des fondateurs de l'Astronomie physique, qui a pris un développement si considérable dans les 50 dernières années. Il a engagé la science dans des voies nouvelles, et de grandes découvertes sont attachées à son nom.

Il ne sortait d'aucune grande école, d'aucune université. Il a été d'abord attaché au Ministère de la Guerre à Londres, et même pendant treize ans, de 1857 à 1870; la place n'était pas une sinécure, puisqu'il a été chargé de coordonner et d'imprimer les règlements de l'armée anglaise. Mais il avait l'amour profond de la science, et il était attiré fortement par l'Astronomie et par les premiers résultats déjà merveilleux de l'analyse spectrale appliquée aux astres. Il consacre tous ses loisirs à l'observation du ciel avec une petite lunette installée dans sa maison et pourvue d'un spectroscope. En 1866, il présente à la Société Royale son premier Mémoire sur le Soleil, et y émet l'idée que le spectroscope pourra révéler en plein jour les protu-

bérances roses des éclipses totales; il s'appuie sur l'étude spectrale d'une étoile de la Couronne, dont le noyau stellaire est entouré d'une atmosphère d'hydrogène, très faiblement brillante; or, dans le spectre, la lumière du gaz hydrogène domine celle du noyau.

Cette remarque était un trait de génie; elle contient le principe de la méthode qui assure l'étude journalière des protubérances au bord solaire. Deux ans après, après avoir réalisé un spectroscope d'une puissance suffisante, il réussit à voir une protubérance en plein jour avec les radiations de l'hydrogène et communique la découverte à notre Académie le 28 octobre 1868. Par une coïncidence curieuse, à la même séance, notre compatriote Janssen, par une lettre envoyée des Indes, annonçait le même résultat, qui d'ailleurs avait été obtenu plus tôt. Depuis, les noms des deux savants ont été unis justement dans la découverte.

Sir Norman complète rapidement sa première observation :

Les protubérances émanent d'une couche mince de même composition, qui recouvre la surface entière de l'astre. Il donne à cette couche le nom de *chromosphère*, actuellement adopté par tous.

La radiation jaune des protubérances ne correspond à aucun corps connu; elle annonce un élément nouveau qu'il appelle *helium;* c'est la première reconnaissance du gaz, à tous égards si curieux, qui a été retiré d'un minéral de notre Terre trente-sept ans plus tard par Ramsay.

Les raies de l'hydrogène ont dans les protubérances, de la base au sommet, une largeur décroissante, rapportée par lui justement à la variation de pression. Ces mêmes raies sont souvent tordues et déplacées; il ramène le fait à sa vraie cause qui est la vitesse du gaz dans la direction de la Terre, vitesse mesurable en kilomètres par seconde. C'est une des toutes premières applications du grand principe de Doppler-Fizeau, si souvent invoqué depuis. Le spectre nous révèle à la fois la forme, la composition chimique, l'état physique de la vapeur solaire, et aussi sa vitesse radiale qui échappe à la simple lunette.

Les points principaux du phénomène et leur explication ont été reconnus en quelques semaines et avec de petits instruments.

L'année suivante, en 1869, il fonde la Revue anglaise *Nature*, consacrée à toutes les sciences, qui est actuellement la publication scientifique la plus répandue dans le monde. Il s'affirme, dans cette revue nouvelle, encyclopédiste et organisateur de premier ordre. Il avait un cerveau puissant dans un corps robuste, et sa capacité de travail était très grande.

Il dirige la Revue *Nature* pendant plus de 30 ans, et lui donne sa forme actuelle. En même temps il poursuit sans arrêt et même jusqu'à sa mort, avec une activité jamais ralentie, des recherches de science pure, à savoir des observations astronomiques et des recherches de physique qui se prêtent un mutuel appui. L'un des premiers, il réalise l'union intime de l'observatoire et du laboratoire qui est un des caractères de la nouvelle Astronomie.

Les premières recherches ont été faites avec les moyens d'un simple particulier; et c'est seulement en 1873 qu'il a pu organiser aux frais de l'État, dans la ville de Londres à South Kensington, un observatoire et un laboratoire de Physique, rattachés au Royal College of Science. Les ressources mises à sa disposition étaient modestes et le climat de Londres peu favorable. En 1912, le matériel et le personnel de South Kensington sont transférés à Cambridge, et Sir Norman, qui était contraire à cette solution, se décide, avec l'aide de quelques amis, à construire en pleine campagne, dans un site très propice, un nouvel observatoire, the Hill Observatory, qui est déjà un des mieux pourvus de l'Angleterre. En fait on lui doit deux établissements, consacrés à l'Astronomie physique et actuellement en pleine activité.

Les résultats, faits d'expérience et théories, sont exposés dans plus de 200 Mémoires, et l'on peut rappeler seulement les principaux. L'auteur les a résumés en partie dans deux grands Ouvrages *Meteoretic Hypothesis* de 1890 et *Inorganic Evolution* de 1900. Il y décrit ses nombreuses expériences et fait œuvre de philosophe en cherchant à ramener tous ces faits épars à quelques causes générales. La plupart des phénomènes célestes peuvent s'expliquer, d'après lui, par la collision de météores, et il expose la succession des faits qui le forcent à admettre la dissociation de nos éléments chimiques dans les astres. Les phénomènes radioactifs, qui sont postérieurs à sa thèse, lui ont apporté un sérieux appui.

Les actions diverses, encore mal connues, exercées par le Soleil sur la Terre, ont retenu son attention. Après avoir reconnu dans les variations des protubérances solaires une période secondaire de 3,8 ans il montre, avec son fils le Dr W. Lockyer, que la pression de l'air varie, sur plusieurs points du globe, d'après la même loi; ce qui permet de prédire l'état des choses dans l'océan Indien longtemps à l'avance. La loi générale de circulation des vents dans l'hémisphère austral, indiquée par eux à cette occasion, a été bien vérifiée depuis, et est admise par tous les météorologistes.

Les spectres des éléments ont été étudiés par lui dans les conditions d'excitation les plus variées, le but poursuivi étant de retrouver dans le laboratoire les particularités diverses des spectres stellaires. Il a pu ainsi distinguer dans le spectre de chaque élément trois sortes de radiations, les raies longues, courtes et renforcées (enhanced) qui apparaissent à des températures croissantes. Les raies renforcées, obtenues avec des étincelles électriques extrêmement fortes, sont surtout caractéristiques. La présence et la force de ces raies et aussi d'autres indices lui ont permis de ranger les étoiles dans l'ordre des températures; il avait dû auparavant consacrer plusieurs années à photographier les spectres stellaires avec une dispersion notable.

Mais la classification des étoiles adoptée par lui diffère des autres classifications qui supposent une décroissance continue de leur température. Sir Norman, qui part aussi d'une nébuleuse originelle, soutient au contraire que la température augmente d'abord, passe par un maximum et décroît ensuite lentement; ce qui est mieux en accord avec les particularités spectrales et avec les calculs de Lane. Lorsque l'étoile s'approche du maximum, les raies des métaux disparaissent peu à peu; car les éléments sont dissociés et détruits, mais ils se reforment dans la phase descendante. L'évolution des étoiles est liée étroitement à une évolution parallèle des corps simples de la nature; elle fournit aux chimistes des indications précieuses sur la nature et les propriétés des atomes.

Dans son ensemble, l'œuvre est considérable et touche aux plus hautes questions de la Science. Sir Norman Lockyer est assurément un des plus grands savants de l'Angleterre, et un des plus grands astronomes de tous les temps.

L'Académie s'honore de l'avoir compté parmi ses membres; elle adresse à sa veuve et à ses enfants ses plus vives condoléances.

LITHOLOGIE. — *Sur une série de roches syénitiques alcalines* potassiques *à minéraux* sodiques *de Madagascar*. Note (¹) de M. **A. Lacroix.**

J'ai signalé, il y a quelques années, l'existence sur les Hauts Plateaux de Madagascar de deux minéraux, fort rares partout ailleurs, un silico-titanate (*tscheffkinite*) et un fluo-carbonate (*bastnaésite*) de terres cériques; ils s'y

(¹) Séance du 30 août 1920.

trouvent en quantité suffisante pour constituer de véritables minerais de cérium. Ces minéraux avaient été recueillis dans la terre rouge, libres de toute gangue, mais comme l'un d'eux adhérait à des fragments de feldspath et d'ægyrine, j'avais pensé que leur gisement originel devait être un granite alcalin. M. Perrier de la Bâthie ayant dû explorer cette région, je lui ai demandé d'y recueillir une collection de roches; je l'ai reçue, très copieuse; son étude m'a conduit aux observations suivantes :

L'un des résultats les plus frappants des études lithologiques modernes a été de montrer l'abondance des roches alcalines; mais, tandis que parmi celles-ci les types sodiques abondent, ceux caractérisés par une grande quantité de potasse sont en général restés des raretés, caractéristiques de certaines régions privilégiées. Les bassins de deux affluents de la Mania, l'Imorona et l'Itsindra, doivent être considérés comme constituant l'une de celles-ci. Leurs roches offrent en outre des particularités dignes d'être mises en lumière ([1]). Je ne m'occuperai que des types lithologiques considérés en eux-mêmes, laissant pour l'instant de côté leurs relations magmatiques avec d'autres roches alcalines qui les accompagnent et me contentant d'indiquer l'existence de transformations structurelles dues à des actions dynamiques suivies de recristallisation qui tendent à transformer certaines de ces roches éruptives en divers types gneissiques.

Toutes les roches dont il va être question constituent des filons, pour la plupart injectés entre les strates de calcaires et de quartzites métamorphiques relevés verticalement ou dans des roches granitiques gneissifiées. Elles sont caractérisées par la constance du microcline à macles quadrillées.

Quelques mots tout d'abord sur une amphibole spéciale à quelques-unes de ces roches. Elle est d'un noir bleuâtre très éclatant; son polychroïsme est intense : $n_g =$ jaune paille; $n_n =$ violet; $n_p =$ bleu de mer. Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1$. La dispersion est si forte que l'extinction est incomplète en lumière blanche, mais voisine de 40°. L'écartement des axes est très grand, aussi le signe optique est-il indécis. La composition chimique est la suivante (analyses de M. Raoult) : *a*. Ambahy vallée de l'Imorona) (densité 3,21); *b*. Ambatofinandrahana (densité 3,153).

| | $SiO^2$. | $TiO^2$. | $Al^2O^3$. | $Fe^2O^3$. | FeO. | MnO. | MgO. | CaO. | $Na^2O$. | $K^2O$. | F. | $H^2O$. | F. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a*..... | 52,52 | 0,57 | 2,59 | 12,95 | 5,51 | 0,73 | 14,74 | 3,86 | 4,51 | 1,43 | 0,09 | 0,41 | n.d. | 99,91 |
| *b*..... | 54,10 | 0,42 | 1,00 | 13,02 | 8,09 | n.d. | 12,81 | 3,82 | 5,24 | 0,94 | 0,12 | 0,12 | 0,31 | 99,99 |

Cette amphibole, dont la composition sera discutée ailleurs, constitue le premier terme d'un groupe distinct, intermédiaire entre ceux de la richterite, de l'imerinite et des glaucophanes. Il paraît nécessaire de la désigner par un nom spécial, d'autant plus,

---

([1]) Dans le livre de M. H. Washington, où sont réunies toutes les analyses modernes de roches éruptives, le type (I.5.I.2) dont il sera question plus loin n'est représenté que par une seule analyse et le type (II.5.I.2) par cinq.

qu'à l'inverse des amphiboles voisines, elle se rencontre dans des roches éruptives; j'emploierai celui de *torendrikite*, tiré de Torendrika, localité de la vallée de l'Imorona.

Les roches qui vont nous occuper tout d'abord sont des syénites peu ou pas quartzifères; le type le moins potassique se trouve entre Ambohimanatahotra et Marovoalavo. Son microcline est corrodé par de l'albite et associé à de l'albite indépendante : ces feldspaths englobent de l'ægyrine orientée sur des baguettes de torendrikite. Il existe de gros octaèdres zonés de zircon et de la magnétite. Cette syénite présente des traces de structure granoblastique; elle est en relation avec des pegmatites qui forment des veines irrégulières, plutôt que des filons, tantôt à très grands éléments et tantôt aplitiques; le quartz y est rare ou absent. Tandis que les aplites sont intactes (ouest d'Ifasina) dans les pegmatites, au contraire, les feldspath sont rarement conservés, ils sont le plus souvent transformés en calcédoine caverneuse et les minéraux qu'ils accompagnent : *ægyrine, torendrikite, biotite, bastnaésite, tscheffkinite, magnétite, hématite* gisent dans la terre rouge en fragments de plusieurs centimètres de longueur. Ils semblent avoir été très irrégulièrement distribués et concentrés en certains points. La netteté des faces de la tscheffkinite, l'existence d'agrégats miarolitiques de bastnaésite et d'hématite font penser que la roche fraîche devait renfermer des druses.

Des phénomènes pneumatolytiques ont caractérisé la dernière phase de sa formation, car les cristaux de tscheffkinite sont fréquemment transformés périphériquement en une croûte verdâtre, fibreuse, de rutile et d'ilménite enveloppés dans de la bastnaésite et du quartz et sur ces pseudomorphoses sont implantés des cristaux drusiques de quartz, de magnétite et d'hématite. Mélangées à ces minéraux, se trouvent dans les éluvions des masses finement grenues d'apatite englobant des lames de biotite et de gros octaèdres de magnétite. Il existe aussi des blocs d'une barytine strontianifère grenue; il faut rapprocher de ce fait que l'examen spectroscopique de la torendrikite y révèle des traces de baryum et de strontium et, d'autre part, que la célestite, l'ambatoarinite (carbonate basique de strontium et de cérium) et la monazite ont été formées par métamorphisme dans les calcaires cristallins métamorphisés par le granite d'Ambatoarina, localité qui n'est pas très éloignée de celle qui nous occupe. Les pegmatites syénitiques de l'Imorona ne sont pas sans analogie avec celles de Narsarsuk (Groenland) qui renferment aussi, parmi de nombreux minéraux spéciaux d'origine pneumatolytique, des fluocarbonates cériques [parisite (1) (synchisite) et sa variété barytique, la *cordylite*] associés à l'ægyrine.

---

(1) La *parisite* existe aussi, mais comme rareté, dans l'Imorona, ainsi que la *monazite*, dont j'ai vu un cristal translucide présentant un développement exceptionnel : allongé suivant l'axe $b$, ce cristal présente $p(001)$, $o^1(101)$, $a^1(\bar{1}01)$, $g^1(010)$ dominants, avec, en outre, $e^2(012)$, $e^1(011)$, $e^{\frac{1}{2}}(021)$, $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$.

A Ambatofinandrahana, se trouve une roche à grain fin, syénite à microcline et albite, assez riche en torindrikite et en biotite, traversée par un filon à grands éléments de même composition qualitative, mais beaucoup plus riche en microcline et, par suite, beaucoup plus potassique (analyses *b* et *c*) et en outre plus leucocrate; par contre, sur ses bords, ce filon renferme des accumulations de torindrikite fibrolamellaire presque pure. Localement, chacun de cristaux de microcline, gris de fumée, est encerclé par une zone blanche d'albite granoblastique, constituant le premier stade d'une transformation dont les termes plus évolués s'observent dans les roches suivantes.

C'est aux environs de Bedihy (vallée de l'Antanimbarimpianina, affluent de l'Imorona) que se rencontrent des roches à grain fin, présentant tous les intermédiaires entre une syénite presque intacte, des types pseudo-porphyriques, dans lesquels des débris de microcline jouent le rôle de phénocristaux au milieu d'une pâte finement granoblastique recristallisée, et enfin de véritables leptynites syénitiques, dans lesquelles n'existe plus aucun minéral primordial intact. Le microcline prédomine et l'albite, en cristaux indépendants, est exceptionnelle. Il existe toujours peu ou prou d'un minéral coloré, torindrikite bleu foncé (à Amparibé) ou amphibole bleu verdâtre moins dispersive, avec fréquemment en outre de l'ægyrine, de l'augite ægyrinique ou de la biotite, qui, exceptionnellement, existe seule, à l'exclusion de l'amphibole. Comme minéraux accessoires, il faut citer l'allanite, l'épidote, l'apatite, le sphène, la muscovite, un grenat et du quartz.

En outre de ces roches caractérisées par des métasilicates alcalins, il existe dans d'autres gisements des aplites syénitiques contenant, comme constituant accessoire principal, de la biotite et de la muscovite; un filon ($6^{km}$ ouest d'Andohatsindra) est remarquable par les actions pneumatolytiques qui ont développé sur ses épontes, soit une grande quantité de larges lames de muscovite, de cristaux de tourmaline et d'hématite riche en inclusions de rutile, soit une roche formée de fines paillettes de biotite englobant de gros prismes de tourmaline noire. A $3^{km}$ au sud d'Ambatofinandrahana, se trouve une aplite syénitique analogue dont le microcline, en cristaux maclés suivant la loi de Carlsbad, est aplati et simule de gros microlites; elle est imprégnée de galène argentifère et de pyrite aurifère.

Toutes ces syénites sont très leucocrates, mais à $1^{km}$ d'Itorendrika, il existe une roche pseudo-porphyrique, dans laquelle des débris de grands cristaux

de microcline schillérisé, maclé suivant les lois de Carlsbad et de Baveno, sont enveloppés dans un agrégat granoblastique d'albite, avec de l'apatite et beaucoup de biotite. Au nord d'Ambatofinandrahana enfin, se trouve un type très mélanocrate de minette à pyroxène.

Les analyses données plus loin, faites par M. Raoult, mettent en évidence une série remarquable par la prédominance, souvent considérable, de la potasse sur la soude, sauf dans la syénite dont il a été question en premier lieu (analyse *p*) et qui établit le passage à des types sodiques qui seront étudiés ultérieurement.

Ici une observation d'ordre général est nécessaire; la présence de métasilicates sodiques dans une roche est d'ordinaire attachée à l'idée de richesse en soude; la discussion de ces analyses montre que cette notion n'est pas nécessairement exacte; pour qu'une roche renferme des silicates sodiques, il est nécessaire et suffisant qu'elle renferme de la soude non feldspathisable; ce résultat est obtenu même avec une petite quantité de soude si le nombre des molécules de potasse s'approche de celui des molécules d'alumine; dans ces conditions, la soude, ne pouvant être entièrement feldspathisée, entre dans la constitution d'éléments colorés. Il résulte de cette remarque la conclusion que, même dans les roches alcalines, la nature du feldspath est une caractéristique plus essentielle que celle des minéraux ferrugineux. Plusieurs des roches analysées ci-contre, que, dans les classifications actuellement en usage, l'on serait tenté de distinguer les unes des autres à cause de la différence de nature de leurs éléments colorés, ont en réalité une composition chimique extrêmement voisine et ne doivent pas être séparées.

Il me reste à m'occuper de quelques syénites néphéliniques faisant partie de cette même série et présentant la même caractéristique chimique, avec la même abondance du microcline. Le fond de la vallée de l'Itsindra est occupé par un vaste massif de gabbro que traversent des filons de ces syénites néphéliniques; l'une à gros grain (près de Tsaratanana, en aval d'Andoatsindra) est constituée par de grandes plages de microcline, englobant des cristaux de néphéline, d'ægyrine, de biotite et de mélanite. La néphéline et le microcline sont associés comme le quartz et les feldspaths dans les pegmatites graphiques, la néphéline forme les prismes hexagonaux aplatis suivant la base et groupés en grand nombre à axes parallèles dans une même plage feldspathique. Le second type, à grain fin, est plus riche en éléments colorés; son microcline est aplati et simule des microlites; la néphéline est criblée de longues aiguilles et de petits grains d'acmite. Les analyses montrent la grande prédominance de la potasse sur la soude; ces roches offrent une analogie chimique remarquable avec les *borolanites* d'Assynt en Écosse, renfermant comme elles du

grenat mélonite et dont la forme effusive est constituée par des roches à *leucite* (leucitphonolites).

ANALYSES. — *Syénites à torindrikite : a.* 2km sud Bedihy, I(II).4'.1(2).2; *b.* Est d'Ambatofinandrahana (filon à gros grain dans *c*), I.5.1.2; *c. Idem* (grain fin), II.5.1.3; *d. Syénite à pyroxène*, Bedihy, I(II).5.I(2).2; *e. Syénite aplitique à biotite*, Andohatsindra, I(II).5.(1)2.2; *f. Microsyénite à biotite* et *microcline schillérisée*, rive gauche de l'Ivato, près Ambatofangehana, I'.'5.(1)2.2'; *g. Syénite à torindrikite*, Amparibé, II.(4)5.1.2(3); *h. Aplite syénitique à micas*, 1km ouest Torendrika, I(II)'.5.1(2).'3; *i. Aplite syénitique*, ouest d'Ifasina, II.(4)5.1.2(3); *j. Syénite à biotite et muscovite*, 3km sud Ambatofinandrahana, I'.5.1.3; *k. Syénite quartzifère à biotite*, sources de l'Itsindra, (I)II.(4)5.1.3; *l. Syénite quartzifère à biotite*, aval de Torendrika, II.5.1.3; *m. Minette*, nord d'Ambatofinandrahana, III.5'.2(3); *n. Syénites néphéliniques* de l'Itsindra, près Tsaratanana, 'II.6'.1'.'3; *o.* amont d'Ambinda, II.6.1.3; *p. Syénite à œgyrine et torindrikite*, entre Ambohimanatahotra et Marovoalavo, I(II).'5.'4.

| | *a.* | *b.* | *c.* | *d.* | *e.* | *f.* | *g.* | *h.* | *i.* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 64,98 | 62,68 | 60,98 | 61,72 | 58,42 | 56,98 | 62,30 | 56,48 | 60,72 |
| $Al^2O^3$ | 14,48 | 16,71 | 13,67 | 16,02 | 18,92 | 18,80 | 13,00 | 16,73 | 15,89 |
| $Fe^2O^3$ | 2,62 | 2,64 | 3,35 | 3,22 | 4,50 | 3,66 | 4,62 | 3,96 | 5,27 |
| $FeO$ | 1,59 | 0,98 | 2,03 | 0,98 | 1,07 | 2,95 | 1,20 | 4,15 | 1,28 |
| $MgO$ | 1,54 | 0,51 | 3,21 | 1,51 | 0,97 | 2,05 | 2,22 | 2,46 | 0,72 |
| $CaO$ | 2,78 | 1,22 | 3,84 | 4,38 | 1,64 | 2,34 | 3,70 | 2,28 | 2,02 |
| $Na^2O$ | 2,19 | 2,86 | 4,92 | 2,04 | 2,12 | 2,49 | 3,07 | 3,71 | 5,17 |
| $K^2O$ | 8,11 | 11,21 | 5,65 | 9,59 | 10,60 | 8,11 | 8,05 | 8,26 | 7,87 |
| $TiO^2$ | 0,19 | tr. | 1,03 | 0,07 | 0,33 | 0,41 | 0,58 | 0,61 | 0,39 |
| $P^2O^5$ | 0,61 | 0,44 | 0,34 | 0,25 | 0,64 | 0,76 | 0,10 | 0,59 | 0,29 |
| $H^2O$ + | 0,78 | 0,59 | 0,21 | 0,41 | 0,33 | 0,49 | 1,30 (+ et —) | 0,19 | 0,63 |
| $H^2O$ — | » | tr. | 0,18 | » | 0,21 | 0,23 | | 0,16 | 0,04 |
| $CO^2$ | » | » | 0,39 | » | » | 0,53 | » | 0,67 | » |
| | 99,87 | 99,84 | 100,11 (1) | 100,19 | 99,81 | 99,89 (2) | 100,53 (3) | 100,15 (4) | 100,29 |

(1) Cl 0,31.
(2) F 0,09.
(3) $ZrO^2$ 0,39.
(4) F 0,11.

| | *j.* | *k.* | *l.* | *m.* | *n.* | *o.* | *p.* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 61,02 | 60,98 | 63,54 | 48,68 | 52,66 | 54,00 | 65,16 |
| $Al^2O^3$ | 17,02 | 15,45 | 14,23 | 12,33 | 20,10 | 18,22 | 15,44 |
| $Fe^2O^3$ | 4,15 | 5,19 | 4,17 | 3,92 | 4,00 | 4,87 | 3,23 |
| FeO | 1,51 | 2,27 | 1,28 | 5,39 | 1,67 | 1,53 | 0,69 |
| MgO | 0,75 | 1,45 | 1,01 | 13,24 | 1,36 | 0,91 | 0,76 |
| CaO | 0,68 | 1,68 | 3,04 | 6,66 | 3,64 | 4,72 | 2,30 |
| $Na^2O$ | 5,29 | 3,87 | 5,41 | 2,26 | 4,71 | 4,85 | 6,67 |
| $K^2O$ | 7,09 | 6,72 | 6,49 | 4,71 | 10,11 | 9,61 | 5,07 |
| $TiO^2$ | 0,76 | 0,61 | 0,58 | 1,16 | 0,54 | 0,66 | 0,51 |
| $P^2O^5$ | 0,09 | 0,81 | tr. | 0,69 | 0,61 | 0,53 | 0,06 |
| $H^2O$ + | 0,93 | 0,84 | 0,54 | 0,49 | 0,34 | 0,31 | 0,31 |
| $H^2O$ − | 0,12 | 0,09 | 0,11 | 0,24 | 0,05 | 0,06 | 0,15 |
| $CO^2$ | 0,45 | 0,34 | » | 0,41 | » | » | » |
| | 100,04(¹) | 100,30 | 100,34 | 100,40(²) | 100,07(³) | 100,27 | 100,35 |

ASTRONOMIE. — *Corrections des signaux horaires normaux émis par le* Bureau international de l'Heure *du 1^er^ janvier au 19 mars 1920.* Note [4] de M. G. **Bigourdan**.

La troisième conférence des Académies scientifiques alliées et associées, tenue à Bruxelles du 18 au 28 juillet 1919, a constitué le *Conseil international de Recherches*, qui a lui-même adopté diverses Unions internationales en sanctionnant leurs statuts.

Au nombre de ces Unions est l'*Union astronomique internationale*, qui a nommé dans son sein des Commissions, actuellement au nombre de 32, et dont la 31^e^ est la *Commission internationale de l'Heure* [5]; celle-ci est régie par un règlement intérieur adopté le 26 juillet 1919, en séance plénière de l'Union astronomique internationale.

Son Bureau se compose d'un Président, d'un Vice-Président et d'un Secrétaire général, élus par la Commission elle-même.

L'objet de cette 31^e^ Commission est « l'unification de l'heure par l'envoi de signaux... »; et à cet effet on a constitué un *Bureau international de l'Heure*, établi à l'Observatoire national de Paris.

---

(¹) MnO 0,20.

(²) F 0,19.

(³) $CO^2$ 0,28.

(⁴) Séance du 9 août 1920.

(⁵) Cette 31^e^ Commission, dont le siège est à Paris, a été ainsi constituée à Bruxelles (26 juillet 1919) : *Président :* M. R.-A. Sampson. — *Membres :* MM. B. Baillaud, G. Bigourdan, G. Celoria, F.-W. Dyson, général Ferrié, J.-A. Hoogewerff, S.-S. Hough, G. Lecointe, H. Philippot. — Depuis elle s'est adjoint M. R. M. Stewart.

Ce Bureau international de l'Heure se trouve ainsi substitué à un précédent Bureau de même nom, établi par des Conférences internationales de l'Heure tenues à Paris en 1912 et 1913, principalement par la dernière; celle-ci avait adopté, pour une « Association internationale de l'Heure », un projet de Convention et de Statuts dont la guerre de 1914 a empêché la ratification.

Cette Association devait avoir quatre organes (art. 2 du projet) :

| | |
|---|---|
| *a.* L'Assemblée générale; | *c.* Le Comité; |
| *b.* Le Conseil permanent; | *d.* Le Bureau international de l'Heure. |

L'Article 5 du projet de Statuts portait :

« Le Président, le Vice-Président, le Secrétaire général de l'Association internationale, ainsi que le Directeur du Bureau international sont élus en Assemblée générale.

L'organisation actuelle est plus simple, car l' « Association internationale » prévue est remplacée par une Commission, dont le Secrétaire général est en même temps Directeur du Bureau de l'Heure.

Le premier Bureau international de l'Heure, établi par les Statuts qui n'ont pas été ratifiés, a fonctionné constamment (1), même au plus fort de la guerre, sous la direction de M. B. Baillaud, qui, élu président de l'Union astronomique internationale (juillet 1919), s'est démis de ses fonctions de Directeur du Bureau; et sur sa proposition la Commission m'a désigné pour diriger le nouveau *Bureau international de l'Heure* à partir du 1er janvier 1920. C'est à ce titre que je donne ici les corrections ci-après des signaux normaux (2) émis par ce Bureau.

M. B. Baillaud me prie de dire qu'il espère publier au *Bulletin astronomique*, dès le début de 1921, un rapport général sur le service de l'Heure jusqu'au 31 décembre 1919.

Les signaux sont envoyés par l'intermédiaire du poste de radiotélé-

---

(1) L'émission de signaux radiotélégraphiques de l'heure a été établie à Paris, à la suite d'un vœu émis par le Bureau des Longitudes le 13 mai 1908; elle débuta au commencement de 1910, et a toujours fonctionné depuis comme service de l'Observatoire de Paris. Voir *Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1914, p. B.77....

(2) En vue de répondre à des besoins momentanés, ou de résoudre certaines questions spéciales, l'ancien et le nouveau Bureau de l'Heure ont souvent émis provisoirement d'autres signaux. En ce moment le Bureau envoie, depuis le 7 avril 1920, et en émissions musicales, des signaux scientifiques provisoires vers $10^h.30^m$ et vers $23^h.0^m$.

graphie militaire ([1]) établi en sous-sol, au Champ de Mars, près de la Tour Eiffel, qui lui sert de porte-antenne.

Voici les heures de ces signaux normaux actuels, en temps moyen civil de Greenwich, *le seul employé ici*, sauf avis contraire.

| | | |
|---|---|---|
| *Matin* . | $9^h55^m55^s$ à $10^h0^m0^s$ | Signaux ordinaires, entièrement automatiques. |
| | $10^h44^m$ à $10^h49^m$ | Signaux ordinaires, partiellement automatiques. |
| *Soir*... | Vers $23^h30^m$ | Signaux scientifiques ou rythmés. |
| | $23^h44^m$ à $23^h49^m$ | Signaux ordinaires, partiellement automatiques. |

On voit que ces signaux sont de deux espèces : les signaux dits *ordinaires* et les signaux *scientifiques* ou rythmés.

Les premiers furent d'abord les seuls que l'on eût en vue; ils étaient destinés, comme aujourd'hui, à « répondre aux besoins de la navigation, de la météorologie, de la sismologie, des chemins de fer, postes et télégraphes, des administrations publiques, horlogers, particuliers, etc. »; les seconds sont destinés à donner l'heure avec toute la précision dont sa détermination même est susceptible dans les observatoires les mieux outillés.

Les signaux ordinaires dont les uns sont entièrement automatiques, tandis que les autres ne le sont que partiellement. Les signaux scientifiques sont tous donnés automatiquement.

Les signaux ordinaires entièrement automatiques sont commandés par des appareils spéciaux (appareil Belin — appareil Brillié-Leroy), placés au Bureau de l'Heure qui veille à leur réglage. La commande des émissions se fait électriquement, par le moyen de fils souterrains reliant l'Observatoire au poste de T. S. F. du Champ-de-Mars.

Dans les signaux ordinaires partiellement automatiques, la plupart des signaux sont donnés à la main, comme pour avertir, et l'on ne doit regarder comme signaux horaires proprement dits que ceux de

$$45^m0^s,0 - 47^m0^s,0 - 49^m0^s,0 :$$

ce sont les seuls commandés automatiquement par une pendule (1116 Leroy, t. moyen), placée dans le Bureau de l'Heure à l'Observatoire et mise à l'heure exacte, fournie par la pendule sidérale 1185 Leroy fréquemment comparée à la pendule directrice des caves.

Dans des cas fort rares il se produit des écarts accidentels qui ne sont pas le fait du Bureau et qui sont indiqués par des Notes; les

([1]) Ce poste de radiotélégraphie militaire est sous les ordres de M. le commandant Jullien. Il a été longtemps dirigé par M. le Colonel Ferrié, aujourd'hui Général, qui a eu une très grande part dans l'organisation et le fonctionnement des services horaires radiotélégraphiques.

corrections nécessitées par ces écarts s'ajoutent à celles du Tableau II.

Enfin les signaux scientifiques sont émis d'une manière continue pendant 5 minutes environ, et sont commandés par une pendule (1), de sorte qu'ils sont bien réguliers ou *rythmés*, ce qui permet leur observation très précise par la méthode des coïncidences (2).

A cet effet, au lieu de les espacer exactement de 1 seconde, on leur donne un intervalle bien régulier, de $1^s$ *moins* $1^s/50$ à très peu près, de sorte que, si on les écoute en même temps que les battements d'une pendule à secondes de temps moyen, il se produit une coïncidence chaque 50 secondes environ; c'est de ces coïncidences que l'on déduit l'heure très exacte.

Ces signaux scientifiques sont émis, nous l'avons dit, pendant 5 minutes, ce qui comporte 300 battements ou tops; pour faciliter le comptage, on supprime les tops 60, 120, 180 et 240.

Ces battements sont entendus à de grandes distances; ils sont écoutés (3) aussi au Bureau de l'Heure, comparativement avec ceux d'une pendule de temps moyen (4) qui est très sensiblement à l'heure et dont on connaît la correction exacte. Les coïncidences étant observées, on peut déterminer l'heure précise de chaque top, et en particulier les heures du premier et du dernier (300e).

Ce sont ces heures qui sont télégraphiées par T. S. F. aussitôt après la fin des signaux ordinaires partiellement automatiques de $23^h 44^m - 23^h 49^m$, sous la forme d'un groupe conventionnel de six chiffres.

Tous les signaux émis par le Bureau de l'Heure sont basés sur une heure *extrapolée*, qui généralement devra donc être corrigée dans la suite. Cette heure extrapolée est calculée au moyen des corrections de pendule $C_p$ obte-

(1) Cette pendule est placée à la Station radiotélégraphique du Champ-de-Mars.

(2) Pour plus de détails, voir la brochure publiée par le Bureau des Longitudes sous ce titre : *Réception des signaux radiotélégraphiques transmis par la Tour Eiffel*, 2e édition, Paris, 1913.

(3) Depuis quelque temps, un Service d'étude établi à l'Observatoire de Paris procède à l'*enregistrement* de tous les signaux horaires, tant de ceux de Paris que des autres centres d'émission. Ce Service d'étude sera prochainement fondu dans le Bureau international de l'Heure.

(4) C'est la même **1116** Leroy, celle qui commande automatiquement les trois signaux horaires de $45^m 0^s,0 - 47^m 0^s,0 - 49^m 0^s,0$ des signaux partiellement automatiques. En réalité, depuis le 7 avril 1920, après les signaux ordinaires partiellement automatiques de $10^h 44^m - 10^h 49^m$, le Bureau, envoie les heures des tops 1 et 300 des signaux scientifiques provisoires de $10^h 30^m$; et après les mêmes signaux de $23^h 44^m - 23^h 49^m$, il envoie deux groupes de chiffres (au lieu d'un comme il est dit dans le texte), l'un précédé de ML (émission musicale, pour les signaux provisoires de $23^h$), l'autre de RF (émission ronflée pour les signaux scientifiques normaux de $23^h 30^m$).

nues antérieurement à l'Observatoire de Paris, et des marches des pendules garde-temps du Bureau de l'Heure, déduites aussi des mêmes $C_p$ antérieurs.

Ce sont ces corrections de l'heure extrapolée que nous allons donner, en nous basant uniquement sur les $C_p$ de l'Observatoire de Paris.

Par suite nos corrections pourront subir plus tard de très légères modifications pour deux raisons :

1° parce que la réduction définitive des observations d'heure de Paris pourra donner des $C_p$ très légèrement différents ;

2° parce que d'autres modifications, très légères aussi, pourront être indiquées par les déterminations d'heure faites dans d'autres Observatoires de longitude bien connue, ayant à la fois reçu nos signaux et déterminé l'heure ([1]).

C'est sous le bénéfice de ces réserves que sont communiquées les corrections ci-après.

Il n'y a pas lieu de donner les corrections des signaux ordinaires entièrement automatiques ($9^h 56^m - 9^h 59^m$) dont la précision varie légèrement d'un signal à l'autre d'après la perfection des appareils émetteurs spéciaux; le Bureau se borne à constater que leur correction est inférieure à $\frac{1}{4}$ de seconde, ainsi qu'on l'avait demandé d'abord.

Les seules corrections que nous ayons à donner sont donc :

1° celles des signaux ordinaires partiellement automatiques du matin et du soir (tops de $45^m 0^s,0$ — $47^m 0^s,0$ — $49^m 0^s,0$). Voir Tableau II ci-après. Celles du soir sont généralement identiques aux corrections des signaux scientifiques (Tableau III) : les différences proviennent de petites erreurs de calcul sur l'heure des battements 1 ou 300 en temps de Greenwich, au moyen des coïncidences observées;

2° celles des tops 1 et 300 des signaux scientifiques ([2]). Voir Tableaux III ci-après.

Les exemples suivants préciseront au besoin le sens des signes.

Tableau II : *Signaux ordinaires partiellement automatiques.* — Jeudi 1er janvier matin (1,4); *correction* $= - 0^s,19$. Cela signifie que l'interruption produite par la pendule **1116** Leroy t. moyen a eu lieu $0^s,19$ trop tôt c'est-à-dire à $59^s,81$.

Tableau III : *Signaux scientifiques* de $23^h 30^m$; même jour janv. 1,9. *Correction* $= - 0^s,20$). — Les heures télégraphiées sont en avance de $0^s,20$ sur le temps moyen de Greenwich, et par suite exigent la correction $- 0^s,20$. Les heures exactes des battements 1 et 300 sont donc $23^h 29^m 31^s,64$ et $23^h 34^m 24^s,73$.

---

([1]) L'Observatoire de Greenwich vient de publier les résultats fournis par la réception d'un certain nombre de nos signaux. Voir *Month. Not.*, vol. **80**, p. 648.

([2]) La correction d'un seul des tops, le premier ou le dernier, serait évidemment insuffisante parce que l'intervalle des tops, qui est théoriquement de $1^s - 1^s/50$, varie légèrement d'un jour à l'autre.

## TABLEAU I.

### Corrections de la pendule directrice des Caves, etc.

Le 19 mars, à $9^h 15^m$, on a changé de pendule directrice.

Le service de la détermination de l'heure a pour chef M. Simonin. Les observations ont été faites par M. Viennet (V), astronome adjoint et par M. Derivière (D), stagiaire.

Les indications contenues dans les 5 colonnes de ce Tableau I sont les suivantes :

1. Dates et jours de la semaine.
2. **$C_p$.** Corrections obtenues à divers instruments méridiens et communiquées par M. B. Baillaud, Directeur de l'Observatoire; elles sont ramenées au méridien du Grand Cercle méridien.
3. **T. sid.** Heure sidérale locale pour laquelle sont données les $C_p$.
4. **Obs^rs.** Initiales des noms des observateurs.
5. **$C'_p$.** Corrections de pendule adoptées, ramenées au méridien de Greenwich — en prenant $9^m 21^s,04$ pour la différence de longitude avec le Grand Cercle méridien — et ramenées aussi à $21^h 36^m$ t. m. civil; enfin on a tenu compte des marches de divers garde-temps, ce qui a conduit à modifier légèrement $C_p$.

| 1920. | $C_p$. | T. sid. | Obs^rs. | $C'_p$. | 1920. | $C_p$. | T. sid. | Obs^rs. | $C'_p$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | s | h | | s | | s | h | | s |
| Janv. 2 ♀... | −9,98 | 2,1 | D, V | −31,06 | Fév. 16 ☾... | −26,87 | 4,7 | D, V | −47,93 |
| 14 ☿... | 14,44 | 4,1 | D, V | 35,50 | 17 ♂... | 27,21 | 4,8 | D, V | 48,31 |
| 16 ♀... | 15,21 | 3,2 | D, V | 36,25 | 19 ♃... | 28,00 | 4,8 | D, V | 49,08 |
| 17 ♄... | 15,52 | 3,2 | D, V | 36,62 | 23 ☾... | 29,66 | 5,3 | V | 50,74 |
| 21 ☿... | 17,02 | 3,2 | D, V | 38,11 | 24 ♂... | 30,06 | 4,8 | D, V | 51,15 |
| 22 ♃... | 17,42 | 3,4 | D, V | 38,49 | 28 ♄... | 31,71 | 5,5 | D, V | 52,79 |
| 23 ♀... | 17,83 | 3,4 | D | 38,86 | 29 ☉... | 32,12 | 4,9 | D | 53,21 |
| 29 ♃... | 19,99 | 4,4 | D, V | 41,12 | Mars 1 ☾... | 32,53 | 5,1 | D, V | 53,62 |
| Fév. 1 ☉... | 21,16 | 2,6 | D | 42,26 | 2 ♂... | 32,93 | 5,9 | V | 54,01 |
| 2 ☾... | 21,55 | 4,0 | D, V | 42,64 | 3 ☿... | 33,35 | 6,7 | D, V | 54,42 |
| 3 ♂... | 21,91 | 4,3 | D, V | 43,01 | 4 ♃... | 33,75 | 6,0 | D, V | 54,83 |
| 5 ♃... | 22,69 | 3,1 | D | 43,77 | 5 ♀... | 34,22 | 6,0 | D | 55,20 |
| 6 ♀... | 23,07 | 4,3 | D, V | 44,15 | 8 ☾... | 35,24 | 6,5 | D, V | 56,32 |
| 7 ♄... | 23,49 | 4,8 | D, V | 44,53 | 12 ♀... | 36,62 | 7,7 | D, V | 57,68 |
| 8 ☉... | 23,89 | 3,6 | D | 44,90 | 15 ☾... | 37,67 | 7,4 | D, V | 58,74 |
| 11 ☿... | 24,95 | 5,4 | D, V | 46,04 | 16 ♂... | −38,04 | 8,0 | D, V | −59,10 |
| 15 ☉... | −26,41 | 4,4 | D | −47,51 | | | | | |

Nous donnerons prochainement les corrections des signaux.

BOTANIQUE. — *Sur la membrane de quelques Algues floridées et sur la gélation de l'hydrosol gélosique.* Note [1] de M. C. SAUVAGEAU.

Les Floridées indigènes utilisables comme source de gélose peuvent se diviser en deux catégories : les unes du type *Chondrus*, les autres du type *Gelidium;* pour que le sol des premières se prenne en masse par le refroidissement, il faut, semble-t-il, une énorme quantité de micelles, tandis qu'une minime quantité suffit au sol des secondes [2]. Chez toutes, la membrane possède la constitution celluloso-pectique et le mucilage est dû à la gélification de ses parties pectiques, mais la membrane des espèces du type *Gelidium* renferme, en outre, un élément colorable en violet par l'iode (I, 1; KI, 2; $H^2O$, 200) que, pour éviter des périphrases, je désigne ici du vieux nom d'*amyloïde ;* cette coloration est instantanée; elle disparaît aussi vite dans l'eau, pour reparaître de nouveau par l'iode; la réaction est aussi nette sur des échantillons secs que sur des plantes fraîches. Déjà Thuret et Bornet (*Gracilaria*), A. Hansen (*Gracilaria*), Kolkwitz (*Laurencia*), Henckel (*Cystoclonium*) ont vu l'iode colorer certaines membranes, mais cette mention, faite incidemment, n'a guère attiré l'attention.

L'iode teint la cuticule et les assises périphériques du *Gel. sesquipedale* en jaune, les fibres en jaune plus pâle et la majeure partie de la substance intercellulaire corticale et médullaire en violet brun foncé; quand la paroi propre des cellules médullaires est épaisse et stratifiée, elle se colore aussi en violet. L'acide sulfurique décolore le tout, puis gonfle brusquement la substance intercellulaire, colore les fibres et les membranes propres en bleu. Les colorants pectiques teignent toute la substance intercellulaire, mais inégalement, et les points les plus foncés ne sont pas ceux que l'iode colore le mieux. Les colorants cellulosiques teignent plus lentement les fibres que les parois propres. Le liquide cupro-ammoniacal exalte tout d'abord la colorabilité de l'amyloïde; son action, même prolongée, ne dissout pas les fibres, et ne dissout que partiellement la cellulose des parois propres.

La cuisson diminue la consistance du *Gelidium* sans changer sa forme. Le mucilage filtre à travers les assises périphériques et la cuticule; il est dû

---

[1] Séance du 27 septembre 1920.

[2] C. SAUVAGEAU, *Sur des Algues marines floridées indigènes pouvant fournir de la gélose* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 566.)

entièrement aux composés pectiques entraînant l'amyloïde. L'iode colore en violet plus rouge la substance intercellulaire d'une plante simplement ébouillantée. Dès le début de la cuisson, un peu de substance intercellulaire suinte dans les cellules; les gouttes suintées ne fixent plus les réactifs pectiques, mais l'iode les colore en violet rouge; l'iode et les réactifs pectiques teignent la substance intercellulaire plus uniformément qu'avant; les fibres ne se colorent plus en jaune par l'iode et les parois propres restent incolores. Par une ébullition plus longue, la substance intercellulaire suinte plus abondamment, remplit la lumière des cellules, puis filtre au dehors; des dislocations intercellulaires apparaissent, et les lacunes se remplissent aussi de gelée colorable en violet. La portion de la substance intercellulaire qui est restée en place se colore encore par l'iode, mais non plus par les réactifs pectiques, hormis une mince pellicule au pourtour des cellules. L'acide sulfurique décolore le tout, puis bleuit les fibres et les parois propres comme avant l'ébullition. Une plante chauffée sept fois à 120° dans de l'eau renouvelée, ayant fourni chaque fois un sol gelable en masse, était une sorte de sac formé par la cuticule et par les assises périphériques dans lequel gisaient les fibres et les cellules dissociées, intactes, mais vidées du mucilage antérieurement suinté. L'hydrosol pectique filtre donc, chargé d'amyloïde, à travers les parois cellulaires, comme ferait la solution d'un cristalloïde. Les *Gel. attenuatum, cartilagineum, crinale, latifolium, annosum, pusillum, Pterocladia capillacea,* se comportent comme le *Gel. sesquipedale* avec des variantes de détail.

Le *Gracilaria confervoides* possède de très grandes cellules médullaires et manque de fibres. Il se comporte vis-à-vis de l'iode et de l'acide sulfurique à peu près comme les *Gelidium* et le réactif cupro-ammoniacal ne dissout pas non plus toute sa cellulose. La paroi sous-cuticulaire, que l'iode colore en violet brun, se gonfle rapidement par la cuisson, soulève et déchire la cuticule; la filtration du sol pectique, chargé d'amyloïde, s'effectue à travers les assises périphériques qui restent liées entre elles et constituent une sorte d'étui entourant les cellules médullaires plus ou moins dissociées. Cinq autres espèces, examinées sur des fragments d'herbier : *Gr. multipartita, dura, Curtissiæ, cervicornis* et *lichenoides*, présentent avec l'iode les mêmes réactions que le *Gr. confervoides* à quelques variantes près.

L'*Ahnfeltia plicata* comprend une écorce formée de très petites cellules régulièrement disposées et une moelle qui a l'aspect d'un tissu scléreux. Bien que son gel et sa phycocolle réagissent par l'iode comme ceux des *Gelidium* et *Gracilaria*, les réactions histo-chimiques diffèrent.

A la base des brins, l'iode jaunit toute la substance intercellulaire et une partie des parois propres; l'acide sulfurique ne colore pas la substance intercellulaire et bleuit les parois propres; fait curieux, les colorants pectiques se fixent uniquement sur les parois propres. Mais, après l'eau de Javel, tout change; les réactifs pectiques colorent uniquement, et avec intensité, toute la substance intercellulaire; l'iode teint celle-ci, et aussi quelques parois propres médullaires, en violet brun; l'acide sulfurique fait virer pendant un instant au rouge brun tout ce qui était violet, puis le décolore, et enfin les parois propres bleuissent. L'eau de Javel détruit donc ou dissout la substance qui masque l'amyloïde, ou bien transforme partiellement les composés pectiques en amyloïde.

Au niveau où un anneau cortical unique, mais d'épaisseur définitive, entoure la moelle, les colorants pectiques se fixent seulement sur la substance intercellulaire; l'iode jaunit toute celle-ci, tandis que la plupart des parois propres médullaires prennent une teinte violet pâle. Après l'eau de Javel, toute la substance intercellulaire se colore en violet brun et la plupart des parois propres médullaires restent incolores. En mettant en évidence l'amyloïde intercellulaire, l'eau de Javel a donc fait disparaître une partie de l'amyloïde des parois propres.

A $1^{cm}$ du sommet des mêmes brins, l'iode colore directement toutes les parois en violet très pâle, hormis la paroi sous-cuticulaire; après l'eau de Javel, le violet, un peu plus intense et rougeâtre, s'étend sur la paroi sous-cuticulaire; l'amyloïde y imprègne donc uniformément la membrane celluloso-pectique et la modification qui le masquera n'a pas encore paru ou est incomplète.

Chez les *Porphyra laciniata* et *P. leucosticta*, Algues rouges sans cellulose, l'iode colore fortement en violet rouge la lamelle moyenne et ses épaississements dans la majeure partie de la base rhizoïdifère; il agit de même tout autour d'une cellule morte et au pourtour des solutions de continuité (morsures de mollusques, nécroses plus étendues, etc.), comme si une relation existait entre la réparation cellulaire et l'apparition de l'amyloïde. Cela est facile à reproduire expérimentalement.

Parmi les espèces du groupe *Chondrus*, citées dans ma précédente Note, seul l'*Hypnea* conserve sa forme après la cuisson; des ramules se détachent au ras du rameau, sans endommager l'assise périphérique qui constitue la membrane perméable au mucilage. Or, l'iode ne colore rien en violet; l'acide sulfurique donne une teinte brun rougeâtre à l'ensemble des parois médullaires; bientôt, une lamelle moyenne incolore se dessine, puis se

gonfle, tandis que les parois propres se décolorent à leur tour pour ensuite bleuir.

Les *Laurencia pinnatifida* et *L. hybrida*, avec lesquels je n'ai pas obtenu de gel, se comportent de façon inconstante selon les individus, ou même les différents points d'un même individu. Tantôt les membranes réagissent directement par l'iode comme chez les *Gelidium*, tantôt seulement après l'acide sulfurique, comme chez l'*Hypnea*. Cet amyloïde est donc une modification localisée ou généralisée des composés pectiques, qui s'effectue sous une influence non déterminée, et que l'acide sulfurique est capable d'imiter.

La présence de l'amyloïde chez les espèces dont les sols se prennent en masse par le refroidissement n'est peut-être qu'une coïncidence; néanmoins, j'ai cru bon de la signaler; la connaissance de ce fait facilitera peut-être l'explication du phénomène de la prise en masse des colloïdes.

## ÉLECTIONS.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à désigner deux de ses membres qui devront occuper, dans le *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*, les places vacantes par suite de l'expiration des pouvoirs de MM. *C. Jordan* et *H. Le Chatelier*, membres sortants, rééligibles.

MM. **C. Jordan** et **H. Le Chatelier** sont réélus par l'unanimité des 39 suffrages.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Leçons de Thermodynamique et de Chimie physique*, par Th. de Donder. Première Partie : *Théorie*. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

2° *Bibliographie des travaux scientifiques de M. Adolphe Carnot*, par D. Sidersky.

M. F. HEYMANS adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des fonctions de Green.* Note de M. MAURICE GEVREY.

Étant donnée une équation aux dérivées partielles à caractéristiques imaginaires, la résolution d'un problème aux limites au moyen d'une fonction de Green, ou d'une fonction analogue (fonction de Neumann par exemple), exige *deux opérations :* 1° calcul de la *solution fondamentale* de l'équation adjointe; 2° calcul de la *fonction de Green* relative au contour portant les données.

Le premier problème a été traité notamment par MM. Hadamard (*Annales de l'École Normale*, 1904-1905) et E.-E. Levi (*Rendiconti di Palermo*, 1907). Le second problème n'est autre qu'un problème aux limites du type même de celui qu'on s'est proposé au début : il se résoudra donc par une méthode de calcul qui permettrait directement d'avoir la solution cherchée. Toutefois, ce dernier calcul varierait avec les données, tandis que la détermination d'une fonction de Green, pour une équation donnée, ne dépend que du contour.

Il y aurait donc avantage à obtenir la fonction de Green *au moyen d'une seule opération :* c'est ce que nous allons nous proposer, en nous bornant, dans cette première Note, aux équations du type elliptique du second ordre et au cas où l'on se donne la valeur de la fonction inconnue sur la frontière d'un domaine D borné (problème *intérieur* de Dirichlet généralisé).

I. *Équations à deux variables.* — Quand la frontière C est un cercle de rayon R, la fonction de Green relative à l'équation de Laplace $\Delta u = 0$ est

$$G(\Pi, P) = \mathcal{L}\sqrt{1 + \frac{d\delta}{r^2}\frac{(2R - d)(2R - \delta)}{R^2}}, \tag{1}$$

$d$ et $\delta$ étant les plus courtes distances des points P et $\Pi$ à C ($r = P\Pi$).

Soit maintenant l'équation

$$\Delta u + a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu + f = 0, \tag{2}$$

les coefficients étant fonctions de $x, y$ et le contour C, portant les données, étant quelconque. Pour déterminer la fonction de Green $\mathcal{G}(\Pi, P)$, solution de l'équation adjointe relativement au point Π, nous utiliserons la fonction [1]

$$V(\Pi, P) = \mathcal{L}\,\frac{\sqrt{r^2 + 4d\delta}}{r}$$

et nous mettrons $\mathcal{G}$ sous la forme (cf. LEVI, *loc. cit.*)

$$\mathcal{G}(\Pi, P) = V(\Pi, P) + \int\!\!\int_D V(\Pi, M)\,\varphi(M, P)\,d\omega_M, \tag{3}$$

$d\omega_M$ étant l'élément du domaine D entourant M, et $\varphi$ une fonction inconnue que nous obtiendrons en écrivant que $\mathcal{G}$ est solution de l'adjointe. Nous trouvons ainsi une équation de la forme

$$\varphi(\Pi, P) + \int\!\!\int_D K(\Pi, M)\,\varphi(M, P)\,d\omega_M = \psi(\Pi, P), \tag{4}$$

$\psi$ et K étant des fonctions connues qui deviennent infinies comme $\frac{1}{\Pi M}$ et $\frac{1}{MP}$. La détermination de $\varphi$ se ramènera donc, au moyen d'itérations, à la résolution d'une *équation de Fredholm* du type classique.

La méthode suppose que le contour C, qui peut se composer de plusieurs courbes fermées, possède en chaque point une courbure finie, mais il peut admettre des points anguleux à tangentes distinctes; les points de rebroussement nécessitent un examen spécial. On peut également remplacer $d$ (et $\delta$) par une fonction $h$, infiniment petite avec $d$ et telle que

$$\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)^2 = 1$$

sur C; ainsi, si C a pour équation $f(x, y) = 0$ (courbe algébrique par exemple), on posera

$$h = \frac{f(x, y)}{\sqrt{f_x'^2 + f_y'^2}} \quad (^2).$$

---

(1) Il suffit que V ait cette forme quand Π et P sont dans le voisinage de S [de même pour (6)].

(2) Quand C est un cercle, on remplace V par la fonction (1). Une représentation conforme permettrait d'ailleurs de transformer la frontière en un cercle (ce qui n'exige pas l'existence de la courbure), mais il ne serait alors pas plus long, pour résoudre le problème de Dirichlet relatif à (2), de déterminer la fonction de Green

II. *Équations à n variables.* — Soit l'équation

$$(5) \qquad \sum a_{ik}\frac{\partial^2 u}{\partial x_i\,\partial x_k}+\sum b_i\frac{\partial u}{\partial x_i}+cu+f=0 \qquad (a_{ik}=a_{ki}),$$

où les coefficients sont fonctions de $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Nous supposons la forme $\Sigma a_{ik}X_iX_k$ définie et positive pour tous les points $(x_1, \ldots, x_n)$ d'un domaine D et nous voulons obtenir la fonction de Green $\mathcal{G}(\Pi, P)$, solution de l'adjointe par rapport à $\Pi(\xi_1, \ldots, \xi_n)$ et relative à la frontière S de D. Pour cela nous poserons

$$\mathfrak{S}(\Pi, P)=\Sigma A_{ik}(x_1, \ldots, x_n)(\xi_i-x_i)(\xi_k-x_k),$$

$A_{ik}$ étant le mineur de $a_{ik}$ dans le déterminant des $a_{ik}$, divisé par ce déterminant. Soit alors

$$(6) \qquad V(\Pi, P)=\mathfrak{S}^{1-\frac{n}{2}}-(\mathfrak{S}+4s\sigma)^{1-\frac{n}{2}},$$

$\sigma^2$ étant le minimum de la fonction $\Sigma A_{ik}(\xi_i-x'_i)(\xi_k-x'_k)$ quand $\Pi$ reste fixe et que le point $P'(x'_1, \ldots, x'_n)$ varie sur S, et $s^2$ la quantité analogue relative à P. La fonction de Green aura encore la forme (3), V étant cette fois donnée par (6), et $\varphi$ *sera solution d'une équation telle que* (4), où figurera une intégrale $n$-uple; des itérations nous ramèneront encore au cas d'un noyau fini.

Relativement aux coefficients de l'équation (5), la méthode suppose, outre l'existence de leurs dérivées figurant dans l'adjointe, qu'ils admettent relativement à $x_1, \ldots, x_n$ des accroissements d'ordre non nul. On peut d'ailleurs dans $\mathfrak{S}$ remplacer $A_{ik}(x_1, \ldots, x_n)$ par $A_{ik}(\xi_1, \ldots, \xi_n)$, si les $a_{ik}$ admettent toutes leurs dérivées secondes. Quant à S, ses deux courbures principales en chaque point sont supposées finies. Enfin $s$ (ou $\sigma$) peut désigner une fonction infiniment petite avec $d$, distance de P à S, et telle que la fonction $F(s)=\Sigma a_{ik}s'_{x_i}s'_{x_k}$ soit égale à *un* sur S. Si S ou une portion de S a pour équation $f(x_1, \ldots, x_n)=0$ (cas des surfaces algébriques), on posera $s=fF(f)^{-\frac{1}{2}}$, même si S admet des points coniques.

La méthode précédente s'applique aussi à l'équation linéaire à deux variables sous sa forme générale, quand on ne veut pas la ramener à la forme (2), ce qui exige un changement de variables revenant à la détermination de solutions particulières de l'équation proposée.

relative à C et à $\Delta u=0$ et d'employer soit les méthodes classiques, soit celle que j'ai indiquée dans les *Annales de l'École Normale* (1918, p. 148) et qui réduit au minimum les hypothèses sur les données et les coefficients.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques théorèmes de M. Rémoundos.* Note [1] de M. **Théodore Varopoulos**, transmise par M. Hadamard.

1. Dans une Note importante récemment publiée dans les *Comptes rendus* [2], M. Rémoundos a communiqué des résultats nouveaux sur les fonctions croissantes et les fonctions entières qui complètent en certains points de vue des théorèmes bien connus. A la suite du cours supérieur professé cette année à l'Université nationale d'Athènes sur ces sujets par M. Rémoundos, je suis arrivé à compléter, sur certains points, ses résultats.

J'ai obtenu les théorèmes suivants :

I. *Si* $M(r)$ *désigne une fonction croissante quelconque, j'établis l'inégalité*

$$M'(r) < M(r)\log M(r)\log_2 M(r)\ldots\log_{\nu-1} M(r)\,[\log_\nu M(r)]^{1+\delta} \tag{1}$$

*(où* $\delta$ *est positif quelconque) satisfaite à partir d'une valeur de r, sauf quelques intervalles exceptionnels d'étendue négligeable inférieure à*

$$\frac{1}{[\log_\nu M(r)]^\alpha},$$

*a étant positif quelconque, et* $\nu$ *aussi grand que l'on veut mais fixe.*

L'inégalité (1) est évidemment plus avantageuse que l'inégalité

$$M'(r) < M(r)\,[\log M(r)]^{1+\delta}$$

donnée dans sa Note par M. Rémoundos, qui est un cas particulier de la nôtre (1) correspondant à la valeur $\nu = 1$.

II. *Soit une fonction entière*

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots + a_n z^n + \ldots.$$

*Si nous avons*

$$|a_n| r^n < \mu(r),$$

*le module maximum* $m_1(r)$ *de la dérivée* $f'(z)$ *satisfait à l'inégalité*

$$m_1(r) < \mu(r)\log\mu(r)\ldots\log_{\nu-1}\mu(r)\,[\log_\nu \mu(r)]^{1+\delta}\,[q(r)]^{1+\eta}, \tag{2}$$

*où* $\delta$ *et* $\eta$ *sont positifs quelconques,* $\nu$ *aussi grand que l'on veut mais fixe,*

---

(1) Séance du 13 septembre 1920.

(2) G. Rémoundos, *Sur les fonctions croissantes et les fonctions entières*, t. **170**, 1920, p. 829.

*et $q(r)$ est la fonction de M. Rémoundos, dont il se sert dans sa Note citée plus haut.*

*S'il y a des intervalles exceptionnels, leur étendue totale est négligeable.*

L'inégalité (2) est plus avantageuse que l'inégalité correspondante de M. Rémoundos.

III. *Enfin je réussis à remplacer l'inégalité* (2) *par la suivante :*

$$m_1(r) < \mu(r)[q(r)]^{1+\delta} \qquad (\delta > 0 \text{ quelconque}),$$

*dans laquelle ne figurent plus les facteurs logarithmiques.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation d'un théorème de M. Leau relatif à la recherche des points singuliers d'une fonction définie par une série de Taylor.* Note de M. **J. Soula**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit la fonction $\varphi(t) = \sum_0^\infty a_n t^n$ qui, dans le plan de la variable $t$, n'a pas d'autre singularité à distance finie que $t = 1$, étant entendu que les chemins suivis pour effectuer le prolongement analytique ne font le tour d'aucun point singulier. Je suppose de plus qu'il existe un exposant positif $k$ inférieur à 1, tel que $(1-t)^k\varphi(t)$ garde un module borné au voisinage de $t = 1$.

M. Leau a montré (¹), comme conséquence du théorème de M. Hadamard sur la multiplication des singularités, que la fonction $\sum g(a_n)t^n$ n'a que le point singulier 1 à distance finie si $g(u)$ est fonction entière de $u$.

On peut démontrer que le résultat subsiste si $g(u)$ est fonction holomorphe de $u$ pour $u = 0$ et pour $u = a_n (n = 1, 2, \ldots)$.

Pour faire la démonstration, j'emploie un procédé indiqué (²) par M. Borel. Je considère un contour $\sigma$ contenant à son intérieur les points $a_n$ et l'origine, qui dans le cas actuel est leur seul point limite. Je démontre que, si le point $u$ parcourt $\sigma$, la fonction

$$\Phi(t, u) = \sum \frac{t^n}{u - a_n}$$

(¹) Leau, *Bull. Soc. math. de France*, t. 26, p. 267.

(²) Borel, *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 1001.

n'a pas d'autre point singulier en $t$, que $t=1$. De plus, si $t$ reste dans un domaine D borné, ne faisant pas le tour du point 1 et dont tous les points sont à une distance du point 1 supérieure à une quantité fixe, le module de $\Phi(t,u)$ admet une borne qui ne dépend ni de $t$, ni de $u$. Le mode de démonstration de M. Montel [1] permet alors de voir que, si $t$ fait partie de D,

$$F(t)=\frac{1}{2i\pi}\int_\sigma \Phi(t,u)\,g(u)\,du$$

représente une fonction holomorphe de $t$, si $g(u)$ est holomorphe sur $\sigma$ et à l'intérieur de ce contour. Or le développement de $F(t)$ à l'origine est

$$F(t)=\sum_0^\infty g(a_n)\,t^n.$$

2. J'indique rapidement comment on peut établir la proposition relative à $\Phi(t, u)$ dont je viens de me servir. Je considère les fonctions

$$\varphi_1(t)=\varphi(t), \qquad \varphi_2(t)=\sum_0^\infty a_n^2 t^n; \qquad \varphi_p(t)=\sum_{n=0}^\infty a_n^p t^n,$$

et aussi

$$\psi(t, \lambda)=\varphi(t)+2i\pi\lambda\varphi_2(t)+\ldots+(2i\pi\lambda)^{p+1}\varphi_p(t)+\ldots.$$

Si $|t|<1$, on a

$$\Phi(t, u)=\frac{1}{u^2}\psi\left(t,\frac{1}{u}\right)+\frac{1}{u}\,\frac{1}{1-t}.$$

La démonstration est donc ramenée à l'étude de $\psi(t, \lambda)$.

Pour faire cette étude, je considère un contour (C) fermé, entourant l'origine et convenablement choisi. Deux points $x$ et $y$ parcourent C. La fonction $\frac{1}{y}\varphi\left(\frac{x}{y}\right)$ peut être envisagée comme un noyau de Fredholm, et à l'aide de la formule de Parseval je démontre que l'intégrale

$$\int_C \frac{1}{z}\varphi\left(\frac{x}{z}\right)\cdot\frac{1}{y}\varphi\left(\frac{z}{y}\right)dz$$

existe et est égale à $\frac{2i\pi}{y}\varphi_2\left(\frac{x}{y}\right)$. De même, le $n^{\text{ième}}$ noyau itéré de $\frac{1}{y}\varphi\left(\frac{x}{y}\right)$ est $\frac{(2i\pi)^n}{y}\varphi_{n+1}\left(\frac{x}{y}\right)$.

---

(1) MONTEL, *Leçons sur les séries de polynomes*, p. 17.

Ceci permet de considérer $\frac{1}{y}\psi\left(\frac{x}{y}, \lambda\right)$ comme le noyau résolvant de $\frac{1}{y}\varphi\left(\frac{x}{y}\right)$ et les théorèmes de Fredholm permettent de trouver une borne de $\psi\left(\frac{x}{y}, \lambda\right)$. Par un choix convenable de C, on peut s'arranger pour que $t = \frac{x}{y}$ parcoure un domaine aussi étendu qu'on le veut quand $x$ et $y$ parcourent C et c'est ainsi que l'on obtient un domaine D qui peut comprendre tout plan du point autre que 1, où $\psi(t, \lambda)$ est bornée et holomorphe.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les équations intrinsèques du mouvement d'un corps solide.* Note de M. **An. Bilimovitch**, présentée par M. Appell.

Nous désignerons par (A, B), [A, B] les produits scalaire et vectoriel des vecteurs A et B. Posons $B = u$, où $u$ est un ort, c'est-à-dire un vecteur de longueur unité. En différentiant $(A, u)$ nous recevrons la formule suivante :

$$\dot{A}\cos(\dot{A}, u) = \frac{d}{dt}(A, u) - (A, \dot{u})$$

pour la projection d'une dérivée géométrique $\dot{A}$ sur une direction, en général variable, donnée par son ort $u$.

Les théorèmes de la quantité de mouvement et du moment des quantités de mouvement dans le cas où ce moment est pris autour d'un point mobile M s'expriment par les égalités géométriques suivantes :

$$\dot{M} = F + R, \qquad \dot{G}^{(M)} + [v_{(M)}, M] = L^{(M)} + A^{(M)},$$

où M est la quantité de mouvement d'un système matériel, $G^{(M)}$ le moment des quantités de mouvement autour du point M, $v_{(M)}$ la vitesse de ce point, F et R les sommes géométriques des forces et des réactions, $L^{(M)}$ et $A^{(M)}$ les moments des forces et des réactions autour du même point M.

Des équations géométriques en projetant sur quelque direction $u$, en général variable, nous recevrons les équations scalaires :

$$\frac{d}{dt}(M, u) - (M, \dot{u}) = (F, u) + (R, u),$$
$$\frac{d}{dt}(G^{(M)}, u) - (G^{(M)}, \dot{u}) + ([v_M, M], u) = (L^{(M)}, u) + (A^{(M)}, u).$$

Si l'ort $u$ prend trois valeurs $u_1$, $u_2$, $u_3$ non complanaires, alors six éga-

lités scalaires sont les équations du mouvement d'un corps solide par rapport à un trièdre arbitraire $Mu_1, u_2, u_3$.

Dans ce qui suit nous utiliserons un principe général de la construction des axes $u_1, u_2, u_3$. Prenons quelque direction *variable* $u$ et posons $u_1 = u$; l'axe $u_2$ (dirigeons sur la direction de la dérivée géométrique $\dot{u}$), qui est toujours orthogonal à $u_1$, donc $u_2 = (\overline{\dot{u}})^{-1}\dot{u}$, où $\overline{\dot{u}}$ est égale à la longueur du vecteur $\dot{u}$; enfin, posons $u_3 = [u_1, u_2]$. L'ort $u$ nous l'appellerons l'*ort fondamental*, et le trièdre $Mu_1, u_2, u_3$ le *trièdre fondamental*.

Théorème. — *Les projections des dérivées géométriques* $\dot{u}_1, \dot{u}_2, \dot{u}_3$ *sur les axes* $u_1, u_2, u_3$, *qui tirent leur origine d'ort fondamental* $u$ *sont*

$$\dot{u}_1(0, K_u, 0), \quad \dot{u}_2(-K_u, 0, L_u), \quad \dot{u}_3(0, -L_u, 0),$$

*où*

$$K_u = \overline{\dot{u}}, \qquad L_u = \frac{1}{K_u^2}(u, [\dot{u}, \ddot{u}]).$$

*Si la direction fondamentale est déterminée par un vecteur* U *avec une longueur différente de l'unité, les quantités* $K_u$ *u* $L_u$ *ont les expressions*

$$K_u = \frac{\Delta}{k^2}, \qquad L_u = \frac{K}{\Delta}(U, [\dot{U}, \ddot{U}]),$$

*où*

$$k^2 = U_x^2 + U_y^2 + U_z^2, \qquad \Delta^2 = (U_y U_z' - U_z U_y')^2 + (\ldots)^2 + (\ldots)^2,$$

*c'est-à-dire*

$$k = \overline{U} \qquad \text{et} \qquad \Delta = \overline{[U, \dot{U}]}.$$

Les équations du mouvement d'un corps solide par rapport à un trièdre fondamental ont la forme

$$\frac{dM_1}{dt} - M_2 K_u = F_1 + R_1, \qquad \frac{dM_2}{dt} + M_1 K_u - M_3 L_u = F_2 + R_2,$$
$$\frac{dM_3}{dt} + M_2 L_u = F_3 + R_3;$$
$$\frac{dG_1^{(M)}}{dt} - G_2^{(M)} K_u + v_{M2} M_3 - v_{M3} M_2 = L_1^{(M)} + A_1^{(M)}, \quad (*)$$
$$\frac{dG_2^{(M)}}{dt} + G_1^{(M)} K_u - G_3^{(M)} L_u + v_{M3} M_1 - v_{M1} M_3 = L_2^{(M)} + A_2^{(M)},$$
$$\frac{dG_3^{(M)}}{dt} - G_2^{(M)} L_u + v_{M1} M_2 - v_{M2} M_1 = L_3^{(M)} + A_3^{(M)};$$

ici, par les indices 1, 2, 3 nous avons désigné les projections sur les axes $u_1$, $u_2$, $u_3$.

Si l'état cinématique du corps est déterminé par la vitesse $v_A$ d'un point A

du corps et par la vitesse angulaire $\Omega$, la force vive a la forme

$$2T = M v_A^2 + 2M(v_A, [\Omega, \rho_c]) + I_1 \Omega_1^2 + I_2 \Omega_2^2 + I_3 \Omega_3^2 - 2\Pi_{23}\Omega_2\Omega_3 - 2\Pi_{31}\Omega_3\Omega_1 - 2\Pi_{12}\Omega_1\Omega_2,$$

où M est la masse du corps, $\rho_c$ le vecteur joignant le point A avec le centre d'inertie, $I_1$, par exemple, le moment d'inertie du corps autour d'un axe traversant par A et parallèle à l'axe $u_1$ et $\Pi_{23}$ le produit d'inertie correspondant. Les coordonnées des vecteurs M et $G^{(M)}$ sont liées de telle manière avec la force vive :

$$M_1 = \frac{\partial T}{\partial v_{A1}}, \quad \ldots, \quad G_1^{(M)} = \frac{\partial T}{\partial \Omega_1} + bM_3 - cM_2,$$
$$G_2^{(M)} = \frac{\partial T}{\partial \Omega_2} + cM_1 - aM_3, \quad \ldots,$$

où $a$, $b$, $c$ sont les coordonnées du point A par rapport au trièdre $Mu_1u_2u_3$.

Si la direction fondamentale se trouve dans la liaison étroite avec des circonstances cinématiques ou dynamiques du mouvement du corps, alors on peut appeler les équations du mouvement (*) *équations intrinsèques*. Comme direction fondamentale peuvent être admis, par exemple : 1° une droite du corps; 2° la vitesse d'un point quelconque A du corps, en particulier du centre d'inertie du corps; 3° la vitesse angulaire; 4° la quantité du mouvement du corps; 5° le moment des quantités de mouvement, en supposant que ces directions ne sont pas invariables.

Dans le cas 2°, $K_u$ et $L_u$ sont égales : $K_u = Kv_A$, $L_u = Zv_A$, où K est la courbure et L la torsion de la trajectoire du point A. Si le point A est le centre d'inertie du corps, les premières équations du mouvement du corps

$$M\frac{dv_c}{dt} = F_1 + R_1, \qquad M_K v_c^2 = F_2 + R_2, \qquad 0 = F_3 + R_3$$

coïncident avec les équations intrinsèques du mouvement d'un point, données par L. Euler, parce que les axes $u_1$, $u_2$, $u_3$ sont : la tangente, la normale principale et la binormale de la trajectoire de ce point. Il est évident que les équations examinées, comme les équations de L. Euler, ont l'intérêt spécial dans le cas où sont connues par avance ou quelques circonstances du mouvement, par exemple, si le corps est assujetti à des liaisons, ou quelques intégrales du mouvement.

Nous étudions en détail les équations intrinsèques des cas 1° et 5° dans un travail qui paraîtra dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les forces hydrodynamiques dans des mouvements différant entre eux par une rotation uniforme de tout l'espace.* Note de M. **Victor Vâlcovici**, présentée par M. Appell.

Dans une Note précédente (¹) j'ai établi le théorème suivant :

*La résistance qu'oppose un fluide en repos à l'infini, au mouvement de translation* U *d'un solide* Σ *est égale à l'excès de la force que le même fluide exercerait sur* Σ *si celui-ci restait en repos et le fluide prenait la vitesse* — U *à l'infini, sur le produit de la masse* M *du fluide déplacé par* Σ, *par l'accélération* $\frac{dU}{dt}$.

Le premier mouvement ne diffère évidemment du second que par la translation du système entier (fluide et solide) de vitesse U.

Dans le même ordre d'idées, je me propose d'établir, dans ce qui suit, un théorème analogue concernant la rotation d'un solide autour d'un axe fixe, dans un fluide.

Soit $Oz$ l'axe fixe autour duquel le solide Σ, immergé dans le fluide qui remplit tout l'espace et qui est en repos à l'infini, tourne uniformément, la vitesse angulaire étant $\omega$. Supposons que les axes $Ox$ et $Oy$ soient invariablement liés avec le solide : ils tournent, par exemple, dans le sens positif autour de $Oz$ (de $Ox$ vers $Oy$) avec la même vitesse angulaire $\omega$. La théorie du mouvement relatif nous enseigne que la forme des équations du mouvement du fluide par rapport à ces axes mobiles est identique à la forme qu'elles prendraient si les axes étaient en repos, à condition d'ajouter aux forces extérieures deux forces fictives engendrées par l'entraînement. Pour une particule fluide de masse $m$, située à la distance $r$ de $Oz$, l'une des deux forces sera dirigée suivant la perpendiculaire à $Oz$ vers l'extérieur et égale à $+ mr\omega^2$, et l'autre aura pour projections sur les axes $Ox$, $Oy$, $Oz$ respectivement $2m\omega v$, $-2m\omega u$ et $0$.

Si X, Y, Z signifient les composantes de la force extérieure appliquée à l'unité de la masse du fluide, alors les équations du mouvement fluide par

(¹) *Sur la résistance hydrodynamique dans le mouvement non uniforme* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 683).

rapport aux axes mobiles seront :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} + u\dfrac{\partial u}{\partial x} + v\dfrac{\partial u}{\partial y} + w\dfrac{\partial u}{\partial z} = \mathrm{X} + \omega^2 x + 2\omega v - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x} + \nu\Delta u, \\ \dfrac{\partial v}{\partial t} + u\dfrac{\partial v}{\partial x} + v\dfrac{\partial v}{\partial y} + w\dfrac{\partial v}{\partial z} = \mathrm{Y} + \omega^2 y - 2\omega u - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial y} + \nu\Delta v, \\ \dfrac{\partial w}{\partial t} + u\dfrac{\partial w}{\partial x} + v\dfrac{\partial w}{\partial y} + w\dfrac{\partial w}{\partial z} = \mathrm{Z} - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial z} + \nu\Delta w, \end{cases}$$

en employant les notations habituelles et en supposant le fluide incompressible.

Mais le mouvement de rotation uniforme $\omega$ du fluide autour de $Oz$ dans le sens de $Oy$ vers $Ox$, le solide $\Sigma$ étant fixe, est donné par :

$$(2)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} + u\dfrac{\partial u}{\partial x} + v\dfrac{\partial u}{\partial y} + w\dfrac{\partial u}{\partial z} = \mathrm{X} - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p'}{\partial x} + \nu\Delta u, \\ \dfrac{\partial v}{\partial t} + u\dfrac{\partial v}{\partial x} + v\dfrac{\partial v}{\partial y} + w\dfrac{\partial v}{\partial z} = \mathrm{Y} - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p'}{\partial y} + \nu\Delta v, \\ \dfrac{\partial w}{\partial t} + u\dfrac{\partial w}{\partial x} + v\dfrac{\partial w}{\partial y} + w\dfrac{\partial w}{\partial z} = \mathrm{Z} - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p'}{\partial z} + \nu\Delta w. \end{cases}$$

Comme les conditions aux limites dans les deux systèmes d'équations (1) et (2) sont les mêmes, on obtiendra pour $u$, $v$, $w$ les mêmes valeurs à condition que l'on ait :

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial p'}{\partial x} = \dfrac{\partial p}{\partial x} - \rho\omega^2 x - 2\omega v, \\ \dfrac{\partial p'}{\partial y} = \dfrac{\partial p}{\partial y} - \rho\omega^2 y + 2\omega u, \\ \dfrac{\partial p'}{\partial z} = \dfrac{\partial p}{\partial z}. \end{cases}$$

D'autre part, on sait que la force que le fluide exerce sur un élément $d\mathrm{S}$ de la surface du solide $\Sigma$ se compose de la pression $p\,d\mathrm{S}$ normale à cet élément augmentée d'une force qui dépend uniquement des dérivées spatiales de la vitesse. Il est évident que la seconde partie sera la même dans les deux mouvements considérés; ce n'est que la première partie $p\,d\mathrm{S}$ qui nous fournira une différence de force

$$(p'-p)\,d\mathrm{S};$$

elle sera dirigée normalement à l'élément $d\mathrm{S}$.

La projection sur $Ox$ de la résultante totale de ces forces élémentaires sera

$$\int (p'-p)\cos\alpha\, dS,$$

$\alpha$ étant l'angle que la normale à $dS$, dirigée vers l'intérieur de $\Sigma$, fait avec $Ox$; l'intégrale est étendue à toute la surface du solide.

En supposant que les relations (3) soient valables aussi à l'intérieur de $\Sigma$ et que $\rho$ désigne la densité dans chaque point de $\Sigma$ si le solide était remplacé par le fluide, nous aurons

$$\begin{aligned}\int (p'-p)\cos\alpha\, dS &= -\int\int\int\left(\frac{\partial p'}{\partial x}-\frac{\partial p}{\partial x}\right)dx\,dy\,dz\\ &= \omega^2\int\int\int \rho\, x\, dx\,dy\,dz + 2\omega\int\int\int \rho v\, dx\,dy\,dz,\end{aligned}$$

l'intégrale de volume étant étendue à tout l'espace intérieur à $\Sigma$.

Comme l'expression $\int\int\int \rho v\, dx\,dy\,dz$ est nulle, on en tire

$$\int (p'-p)\cos\alpha\, dS = M\omega^2\xi,$$

M étant la masse du fluide qui prendrait la place de $\Sigma$ et $\xi$ l'abscisse de son centre de gravité.

On obtiendra une relation analogue dans la direction de $Oy$ en procédant de la même façon; dans celle de $Oz$ la différence est nulle. Conclusions :

*Le système des forces exercées sur un solide $\Sigma$ par un fluide incompressible qui tourne uniformément autour d'un axe fixe est équivalent au système des forces exercées par le fluide en repos, sur le solide tournant en sens inverse autour du même axe, avec la même vitesse angulaire, si l'on adjoint à ce dernier système la force centrifuge qu'aurait la masse du fluide déplacé par $\Sigma$, dans le même mouvement de rotation.*

CHRONOMÉTRIE. — *Les verges-lames et le problème du spiral cylindrique.* Note [1] de M. **Jules Andrade**.

En attendant les progrès de la théorie mathématique des verges élastiques gauches encastrées, on peut, dès aujourd'hui, signaler le cas particulier des verges-lames dont l'étude sera probablement plus abordable.

---

[1] Séance du 20 septembre 1920.

Une *verge-lame* est une verge dont la section transversale a deux dimensions petites, mais d'ordres très différents de petitesse; dans une verge hélicoïdale telle que le spiral cylindrique par exemple, l'épaisseur radiale $\varepsilon$ est beaucoup plus faible que la hauteur $h$ de cette même section. C'est là une circonstance très spéciale dont les problèmes chronométriques peuvent tirer parti, comme cette Note va le montrer.

Sans accorder une confiance complète aux hypothèses de la résistance des matériaux, on peut cependant en tirer profit dans l'évaluation de l'*ordre de grandeur* tout au moins de certaines déformations élastiques; observons donc que le moment d'inertie de flexion principale d'un spiral est, à son moment géométrique polaire, dans un rapport qui est de l'ordre $\frac{\varepsilon^2}{h^2}$; en me fondant sur cette remarque, j'applique les théorèmes dits *de flexion* et *de torsion*; le premier nous donne en projection sur un plan transverse et en un point quelconque du spiral

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} = \frac{u}{R_0 P}[1 + \varphi(u, s)], \tag{1}$$

$\varphi(u, s)$ étant une fonction de l'écart $u$ du balancier et de la distance $s$ du point considéré de la fibre moyenne déformée projetée sur un plan transverse; cette fonction est assez bien déterminée par la théorie de Résal-Caspari; $\varphi(u, s)$ renferme $\frac{1}{P^2}$ en facteur.

Le théorème dit *de torsion* nous donnera avec les rayons $T_0$ et $T$ de torsion

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} = \frac{\gamma}{P^2}\frac{\varepsilon^2}{h^2}, \tag{2}$$

$\frac{\gamma}{P^2}$ étant un moment de torsion de l'ordre de $\frac{1}{P^2}$ tout au plus; remplaçons $\frac{1}{T_0}$ par $\frac{1}{R_0}\operatorname{tang} i$; l'inclinaison primitive des spires étant égale à $\frac{H}{R_0 P}$, H étant la hauteur du spiral.

On déduit de (1) et (2)

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{R}\frac{\operatorname{tang} i\left(1 + \frac{H}{R_0}\frac{\gamma}{P}\frac{\varepsilon^2}{h^2}\right)}{1 + \frac{u}{P}[1 + \varphi(u, s)]}, \tag{3}$$

le terme $\frac{\gamma}{P}\frac{\varepsilon^2}{h^2}$ est d'ordre supérieur à celui de $\frac{1}{P^2}$; en le négligeant nous

aurons, malgré notre ignorance de $\gamma$,

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{R}\,\frac{\tang i}{1 + \frac{u}{p}[1 + \varphi(u, s)]}. \tag{4}$$

Cette formule achève la détermination de la déformation du spiral cylindrique; si l'on néglige encore la petitesse de $\frac{1}{p^2}$ on obtient une hélice tracée sur un cylindre à génératrices de direction conservée, et dont la section droite, pour $u$ donnée, est une sorte d'hypocycloïde représentée par les formules de Caspari.

ASTRONOMIE. — *Observations de* Nova Cycni. Note de M. **A. Vela**, présentée par M. B. Baillaud.

L'Observatoire de Madrid a reçu le 23 août une dépêche annonçant une Nova dans le Cygne, et pendant la soirée de même date ont été faites des observations photométriques et spectroscopiques sur ladite étoile.

La position de la Nova, obtenue par M. Cos avec la lunette méridienne, était à $9^h$ du 24 août (T. M. G.) :

$$\alpha = 19^h 56^m 28^s,1;$$
$$\delta = 53^\circ 26' 27''.$$

Les premières observations faites par MM. Jimenez et Reig, depuis le 23, avec le photomètre, donnèrent :

| 1920. | T. M. G. | Grandeur (phot.). | Grandeur (œil nu). | Observations. |
|---|---|---|---|---|
| | h | | | |
| Août 23 | 12,8 | 2,49 | 2,4 | |
| 23 | 13,3 | 2,76 | » | Brumes. |
| 23 | 13,7 | 2,55 | 2,2 | Nuages. |
| 24 | 8,6 | 1,96 | 1,8 | Cirrus. |
| 24 | 10,0 | » | 1,4 | Le plus grand éclat est atteint parmi |
| 24 | 11,3 | 1,75 | 1,6 | ces observations. |
| 24 | 12,5 | 2,26 | » | Cirrus; instable. |
| 25 | 8,3 | 2,55 | 2,1 | Beau. |
| 25 | 10,8 | 2,52 | » | » |
| 25 | 11,5 | 2,64 | » | » |
| 26 | 10,5 | 2,59 | 2,6 | Moyenne; beau. |
| 28 | 11,5 | 3,91 | » | » » |
| 29 | 11,1 | 4,02 | » | » » |
| 30 | 11,1 | 4,19 | » | » » |

Pour faire la comparaison de ces résultats avec la grandeur de la Nova, j'ai obtenu des clichés photographiques chaque jour dont l'état du ciel a permis la photographie. A présent, je m'occupe de la mesure et réduction des clichés et les résultats seront publiés à l'occasion.

Au voisinage du maximum d'éclat ont été faites des observations visuelles de la grandeur de l'étoile, qu'on trouve dans le Tableau ci-dessus, afin de les comparer avec les observations photométriques.

Il résulte de cette comparaison que le maximum d'éclat eut lieu le 24 août vers $10^h$ T. M. G. et que ce maximum dut atteindre $1^m,4$.

M. Carrasco, chargé des observations spectroscopiques, a obtenu deux séries spectrales très nombreuses et complètes, qui permettent de suivre l'évolution spectrale de la Nova. Il s'est servi d'une chambre prismatique de Grubb de $20^{cm}$ d'ouverture, avec un prisme de 20°, qui enregistrent la région λ 5000-3800, et une autre chambre Zeiss en verre U. V. avec un prisme de 60° (en verre U. V. aussi) dans laquelle le spectre atteint jusqu'à $340^{\mu\mu}$.

Dans la nuit du 23 furent obtenus 6 spectres; le premier à $9^h$ et le dernier à $13^h 5^m$, lesquels, malgré l'état nuageux du ciel, sont excellents, et selon qu'il a été annoncé télégraphiquement, montrent raies faibles d'absorption, nettement des proto-éléments $F_e$ et $T_i$; ils accusent aussi la présence de $H_e$; les raies d'absorption de l'hydrogène sont intenses et bien définies, s'initiant un léger renfort brillant dévié vers le rouge, circonstance qui s'accentue nettement dans les spectrogrammes du 24, et qui sont montrées clairement le 25 avec l'aspect classique des Novæ.

On poursuit ces études sans interruption, et les résultats seront opportunément publiés.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres d'absorption du phosphore pour les rayons X.* Note de M. J. **Bergengren**, transmise par M. E. Bouty.

En étudiant les spectres d'absorption de la série K pour diverses variétés de phosphore, j'ai trouvé une différence remarquable.

Les recherches ont été faites à l'aide d'un spectromètre à vide de Siegbahn (¹), le cristal tournant était du gypse; la fente, d'une largeur d'environ $0^{mm},1$ et dont la distance à l'axe de rotation du cristal

(¹) M. Siegbahn, *Ann. der Phys.*, 4e série, t. 59, 1919.

était $126^{mm},14$, se trouvait recouverte d'un morceau de baudruche, trempé dans de l'érythrosine (¹). $1^{mm}$ sur la plaque photographique correspond ainsi, dans le domaine spectral en question, à 0,055 Å.

Les recherches ont porté jusqu'ici sur le phosphate d'ammonium, le phosphore noir de Bridgemann (²), l'acide phosphorique et le phosphore rouge commercial. Les couches d'absorption, d'une épaisseur de $1^{mg}$ à $2^{mg}$ de phosphore par centimètre carré, ont été déposées sur du papier de soie noir très mince ou sur de la baudruche et placées entre la fente et le cristal. L'anticathode était une petite plaque de tungstène, dont le rayonnement se trouvait excité par un courant d'électrons de 30 à 80 milliampères, dans un champ de 12000 à 16000 volts. Un temps de pose de 5 à 9 heures a suffi pour rendre visibles sur la plaque photographique les limites d'absorption. En même temps on obtenait des lignes du rayonnement caractéristique du tungstène, par exemple une ligne nette qui a été reconnue comme la ligne $L\alpha$ dans le spectre du quatrième ordre, et une ligne diffuse qui appartient à la série M. J'ai employé ces lignes comme repères.

Les longueurs d'onde des limites d'absorption sont *différentes* pour les diverses variétés de phosphore. En prenant $\lambda = 1,471$ Å pour la ligne $L\alpha$ du tungstène, on trouve une longueur d'onde de 5,767 Å. pour le phosphore noir et de 5,750 Å. pour l'acide phosphorique et le phosphate d'ammonium. Pour enlever tout doute sur l'exactitude de cette observation assez étonnante j'ai modifié l'arrangement en plaçant, à $1^{cm}$ devant la plaque photographique, une fenêtre recouverte de deux couches d'absorption juxtaposées, l'une de phosphore noir et l'autre d'acide phosphorique. Les positions différentes des deux limites se dessinent clairement sur la plaque.

Le spectre du phosphore rouge montre une limite double. La composante extérieure est identique à celle du phosphore noir; la composante extérieure, que j'attribue au phosphore jaune, coïncide, au moins approximativement, avec celle de l'acide phosphorique.

Je crois que c'est la première fois que l'état chimique d'un élément a été

(¹) E. Hjalmar, *Zeitschr. f. Phys.*, 1920, p. 440.

(²) *The Journal of the Amer. Chem. Soc.*, t. 36, 1914, p. 1344. M. Bridgemann avait bien voulu mettre à la disposition du laboratoire un peu du phosphore noir pour servir à des recherches sur les spectres de rayons X.

trouvé avoir une influence sur son spectre de rayons X. Dans le cas du phosphore, il semble même que l'allotropie joue un plus grand rôle que ne le font les combinaisons chimiques.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure fine des discontinuités d'absorption dans les spectres de rayons X.* Note de MM. **M. de Broglie** et **A. Dauvillier**, transmise par M. E. Bouty.

Une Note de M. Bergengren, publiée ci-dessus, attire l'attention sur la structure que peuvent présenter les phénomènes d'absorption des rayons X au voisinage des têtes de bandes bien connues. M. Kossel (1) a montré comment la représentation que l'on se fait de l'émission et de l'absorption des rayons X conduit à prévoir, dans un certain intervalle de fréquences très petit et très voisin de la tête des bandes, la présence de lignes d'absorption. Cette complication des têtes de discontinuités devrait refléter les phénomènes superficiels de l'atome, c'est-à-dire les liaisons chimiques, celles de cohésion, et les diverses actions qui peuvent modifier les spectres lumineux ordinaires; mais cette structure serait en général si fine qu'en première approximation, les têtes de bandes se présenteraient sous l'aspect simple qu'on leur connaît jusqu'à présent.

M. Stenström (2) a en effet trouvé quelque chose de semblable dans les bandes M de l'uranium et du thorium et M. H. Frieke (3) dans les bandes K des éléments légers.

L'un de nous (4) a remarqué sur plusieurs clichés de spectres une ligne blanche ou une ligne noire (suivant que les bandes sont positives ou négatives) bordant la tête de bande et correspondant à un maximum de transparence de l'élément absorbant pour une longueur d'onde supérieure de très peu au bord ordinaire de la bande; il s'ensuit que des bandes très faibles peuvent prendre l'aspect de lignes un peu estompées. Au courant de ces recherches la tension sous laquelle fonctionnait le tube à anticathode de platine utilisé s'est trouvée comprise entre la tension critique du platine et

(1) *Zeitschrift für Physik*, t. 1, 1920, p. 119.

(2) *Dissertation*, *Lund*, 1919.

(3) *Phys. Rev.* (septembre 1920).

(4) M. de Broglie (expériences non encore publiées : bandes de renforcement du tungstène dans les photographies prises avec renforçateur de tungstate de calcium, et bandes des terres rares).

celle du tungstène; la photographie était prise en utilisant un écran au tungstate de calcium; dans ces conditions la bande sélective de renforcement, due au tungstène de l'écran, était bien visible (preuve que la tension critique du tungstène était dépassée) et aucune des raies K du platine n'apparaissait, bien que leur longueur d'onde soit, pour le groupe $\alpha$, notablement plus grande que celle de la bande du tungstène; c'est une vérification, portant en elle-même son enregistrement, des conclusions de Webster sur le potentiel d'excitation des raies de la série K.

D'autre part, l'un de nous [1] mesurant par la méthode d'ionisation la position des discontinuités d'absorption K de l'argent a observé que l'intensité des régions spectrales continues, filtrées de part et d'autre de ces discontinuités, se traduisait par des courbes d'allure très différente. Du côté des courtes longueurs d'onde, la courbe continue se raccordait à angle vif avec la discontinuité, alors que cet angle n'apparaissait pas du côté opposé, où il était remplacé par un palier de largeur angulaire un peu plus grande que celle de la discontinuité et dénotant une faible absorption supplémentaire. Ce phénomène traduit donc la présence de raies d'absorption de l'argent, situées immédiatement au delà du bord de sa bande K, et très voisines de celle-ci. La méthode d'ionisation ne saurait permettre une dispersion suffisante pour résoudre ces raies dans le cas étudié, mais elle accuse l'existence d'un phénomène global nettement distinct de la discontinuité proprement dite et confirme pleinement les idées de M. Kossel.

Les différences remarquables obtenues par M. Bergengren sont environ 50 fois plus petites, en longueur d'onde, que celles qui correspondent, dans cette région spectrale, à un changement d'une unité dans le nombre atomique; elles sont de l'ordre de grandeur des effets prévus par Kossel, mais, comme le dit M. Bergengren, elles correspondent à des modifications allotropiques et non à un effet de liaison chimique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme des actions chimiques provoquées par les rayons X.* Note de M. **A. Dauvillier**, transmise par M. Bouty.

On sait, depuis les expériences de la C. T. R. Wilson, que les effets produits sur la matière par l'absorption des rayons X sont uniquement dus au rayonnement corpusculaire qui en résulte. Or il nous semble qu'il est pos-

---

[1] A. Dauvillier, *Thèse*, Paris 1920 (voir fig. 7 et 8).

sible de ramener à un type unique de réaction les phénomènes chimiques qui constituent l'un de ces effets.

Il est d'abord remarquable que les seuls corps minéraux sensibles à l'action de ces rayons soient des cristaux pour lesquels I. Langmuir, Born et Landé, Debye et Sherrer, ont imaginé et prouvé l'existence d'une structure ionique. Toutes les autres substances sensibles : colloïdes, électrolytes, verres, etc., contiennent également des ions. Il semble dès lors que la cause des actions chimiques réside dans la destruction des ions négatifs qui seuls, peuvent perdre des électrons, par l'impact des électrons rapides constituant le rayonnement corpusculaire. Les corpuscules lents expulsés neutralisent les ions positifs voisins et des éléments électronégatifs et électropositifs sont ainsi libérés à l'état atomique. Ceux-ci produisent des colorations dans les substances solides ou visqueuses (cristaux et verres) et de véritables modifications chimiques dans les milieux où ils sont mobiles (électrolytes).

Examinons à ce point de vue quelques-unes des réactions les plus connues découvertes par M. P. Villard.

La coloration violette prise par les verres alcalins, au lieu d'être due à une oxydation du manganèse, le serait, suivant cette conception, à une neutralisation des ions positifs, avec libération de l'élément alcalin à l'état atomique, exactement de la même façon qu'un grand nombre de cristaux (sylvine, fluorine, etc.) sont colorés en violet par les rayons cathodiques.

Les propriétés photo-électriques des cristaux et des verres colorés s'expliquent dès lors aisément et l'on peut même rendre compte de leur thermoluminescence en admettant qu'il se produit (lorsqu'on les chauffe à une certaine température critique) une brusque émission thermo-électronique à partir des atomes électropositifs, avec ionisation consécutive des deux types d'éléments libres et, par conséquent, émission de lumière et retour à l'état initial. On sait en effet que, dans ces conditions, ces substances se décolorent et recouvrent leur faculté de devenir fluorescentes. Ces phénomènes n'ont plus lieu lorsque l'élément libéré ne possède pas un caractère électropositif suffisamment accentué (chrome, dans les corindons transformés en rubis par les rayons X ou $\gamma$).

La coloration brune acquise, sous cette influence, par les verres plombeux est due, d'une manière analogue, à la neutralisation des ions $Pb^{++}$; la réduction du silicate cuivrique en cuivreux, au passage des ions $Cu^{++}$ à l'état $Cu^{+}$; la réaction de Schwarz, à la transformation des ions mercureux, etc.

Lévy [1] a montré que l'effet Villard était dû à une destruction de

[1] *Journ. of the Röntg. Soc.*, t. 12, 1916, p. 13.

la structure cristalline (sans déshydratation) des formes stéréoisomères du $Pt(CN)^4Ba.4H^2O$. Cette question ne pourrait être définitivement élucidée que par l'étude de ces cristaux par la méthode de Debye et Sherrer. Mais on peut admettre que l'ion $Pt^{++}$, qui est l'élément le plus absorbant du cristal, est réduit à l'état de platine atomique qui produit la coloration.

On sait que ce phénomène, comme d'ailleurs toutes les actions chimiques provoquées dans les cristaux et les verres par les rayons cathodiques, $\beta$, $\gamma$, X et ultraviolets, s'accompagne de fluorescence et que la lumière émise possède, inversement, la propriété d'effectuer la recombinaison. Nous pensons que cette radiation agit, non plus par l'intermédiaire de corpuscules, mais bien *directement* et sur les *atomes* libres, seuls absorbants, en provoquant un effet photo-électrique sélectif qui les transforme à nouveau en ions. Les corpuscules libérés sont aussitôt fixés pour reformer les ions négatifs.

Par exemple, lorsqu'on expose à la lumière le platinocyanure de baryum coloré par les rayons X, il se produit, à partir des atomes de platine, un effet photo-électrique qui les transforme en ions positifs, tandis que les corpuscules lents expulsés se fixent sur les complexes CN qui, *pour prendre une configuration électronique stable dans le réseau cristallin, doivent y exister sous forme d'ions* $(CN)^-$.

La lumière ne jouirait de propriétés antagonistes que lorsque l'élément électropositif libéré serait photo-électriquement sensible dans le spectre de fluorescence du milieu solide ou visqueux.

Ainsi toutes les propriétés chimiques des radiations énumérées plus haut seraient dues à l'action destructive exercée sur les *ions négatifs* par des corpuscules plus ou moins rapides (relation du quantum), alors que les propriétés antagonistes de la lumière de fluorescence (ultraviolette, visible ou infra-rouge) le seraient à un effet photo-électrique, provoqué à partir *d'atomes* normaux.

Ces réactions peuvent s'exprimer par l'équation de Perrin

$$\vec{Q} + P \rightarrow P' + \vec{Q'}$$

généralisée en y considérant P et P' comme l'ion négatif et l'atome d'un même élément électronégatif, Q comme le quantum abandonné à l'ion par la réduction de vitesse subie par le corpuscule rapide, Q' comme celui de la radiation de fluorescence égal au travail d'ionisation de l'atome P'.

CHIMIE MINÉRALE. — *Chaleur d'oxydation du glucinium.* Note de MM. **H. Copaux** et **Ch. Philips**, présentée par M. Haller.

Bien qu'on sache préparer, depuis longtemps déjà, du glucinium pur par la méthode d'électrolyse ignée des fluoglucinates alcalins, due à M. Lebeau (¹), le glucinium est resté une curiosité de laboratoire, parce que les conditions de l'électrolyse ne permettent de l'obtenir, ni abondamment, ni sous une forme compacte. Le glucinium fond, en effet, à la température élevée de 1280° et ne peut pas se rassembler dans son bain d'électrolyse; il y reste disséminé à l'état de paillettes qu'il faut isoler, après refroidissement, par des épuisements assez laborieux.

D'autres méthodes de préparation ont été essayées plus ou moins empiriquement au cours du temps, et peut-être certaines d'entre elles mériteraient-elles d'être reprises. Mais il serait bon de savoir d'abord comment se classe le glucinium parmi les métaux très oxydables, en déterminant sa chaleur d'oxydation, que nous n'avons trouvée mentionnée nulle part.

La mesure de cette constante fait l'objet du travail ici présenté.

*Préparation de la poudre métallique.* — Nous avons préparé le glucinium en poudre par la méthode de Lebeau, telle que Fichter et ses élèves (²) l'ont reprise et précisée dans certains de ses détails.

On compose le bain d'électrolyse en dissolvant, dans l'acide fluorhydrique, de la glucine, puis du carbonate de sodium, en proportions correspondant au rapport moléculaire $2\,GlF^2 : NaF$. Ce mélange, qu'il faut évaporer à sec dans un récipient de platine, est certainement moins facile à préparer que le fluosel défini et précipitable $GlF^4Na^2$, mais il a l'avantage d'être plus fusible et plus soluble, ce qui permet à la fois de ne pas dépasser une température d'environ 600° en cours d'électrolyse et de désagréger ensuite plus facilement la masse saline.

200g environ du produit calciné après évaporation sont introduits dans un creuset de nickel de 100cm³ à 125cm³ de capacité, fondus par chauffage électrique extérieur, puis électrolysés entre ce creuset servant de cathode et une anode cylindrique de charbons, de 35mm à 40mm de diamètre.

Pendant 7 ou 8 heures, le régime du courant se maintient à peu près fixe à 10 ou 12 volts et 10 ampères environ, puis, quand il est devenu instable par accumulation dans le bain de la mousse métallique, on laisse refroidir.

On épuise alors le contenu du creuset à l'eau froide, en ayant soin de séparer, par

(¹) P. Lebeau, *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 744.

(²) En particulier, E. Brunner, *Dissertation inaugurale*, Bâle, 1915.

décantation fractionnée, les flocons abondants et légers de glucine ou de fluorures basiques des cristaux plus denses de glucinium entraîné.

Le produit de cette première épuration ne contient guère plus de 80 pour 100 de métal, d'après le volume d'hydrogène qu'il dégage avec les acides; il faut le reprendre et le triturer au mortier d'agate avec un mélange de tétrabromure d'acétylène et de benzène, de densité très légèrement supérieure à celle du métal (1,7), et centrifuger le tout.

Après une ou deux reprises, on isole finalement une poudre cristalline, à peu près complètement pure, dont l'aspect lustré, gris foncé, est celui d'un métalloïde plutôt que d'un métal, ce qui s'accorde, du reste, avec d'autres indices du caractère métalloïdique du glucinium : absence de conductibilité du chlorure et du fluorure simple fondus, point de fusion exceptionnellement élevé pour un métal aussi léger, contiguïté avec le bore dans la classification périodique.

*Mesure de la chaleur d'oxydation.* — Nous avons essayé d'abord de déterminer la chaleur d'oxydation du glucinium par combustion directe dans l'obus calorimétrique, sans obtenir aucun résultat vraiment satisfaisant, malgré des essais variés. Il est toujours resté, dans la glucine fondue par la chaleur de réaction, du métal non brûlé, reconnaissable à l'effervescence de la masse oxydée avec les acides. L'addition d'un peu d'huile de vaseline, humectant la poudre à brûler, ou la dissémination du métal dans un poids connu de coton n'ont pas amélioré le résultat; quant à l'oxyde de plomb, quelquefois conseillé comme adjuvant, nous l'avons trouvé plus nuisible qu'utile, car il laisse, après combustion, de petits granules de plomb réduit et non réoxydé.

Il est d'ailleurs possible que ces difficultés cessent avec un métal réduit en poudre impalpable, car nous avons réussi, dans des expériences préliminaires sur l'aluminium, à brûler directement et complètement, dans la bombe, de l'aluminium porphyrisé, alors que le même métal, en limaille ordinaire, ne brûle jamais entièrement. Mais, ne voulant pas risquer d'altérer nos échantillons de glucinium en les porphyrisant, nous avons préféré nous arrêter à la méthode indirecte, fondée sur la mesure des chaleurs de dissolution du métal et de l'oxyde dans un même acide. Dans le cas présent, cet acide ne pouvait être que l'acide fluorhydrique, seul capable de dissoudre promptement la glucine anhydre comme le glucinium.

La méthode se résume ainsi dans les équations thermochimiques suivantes :

$$\begin{aligned} &Gl + 2FH_{diss} \rightarrow GlF^2_{diss} + H^2 + Q, \\ &GlO + 2FH_{diss} \rightarrow GlF^2_{diss} + H^2O_{liq} + Q', \\ &H^2 + O \rightarrow H^2O_{liq} + 69^{cal}, \end{aligned}$$

d'où

$$Gl + O \rightarrow GlO + (Q + 69 - Q').$$

Les échantillons de métal et d'oxyde étaient agglomérés par compression, pesés, puis versés au moment voulu dans un calorimètre de platine de $700^{cm^3}$ de capacité, contenant environ $300^g$ de liqueur acide; les températures étaient relevées sur un thermomètre au $\frac{1}{50}$ de degré, protégé par une mince gaine d'or contre le contact du liquide fluorhydrique.

La concentration de l'acide était de 30 pour 100 en FH, et la même dans les deux réactions, condition tout à fait nécessaire à l'application correcte du principe de l'état initial et de l'état final; enfin, pour modérer l'attaque violente du glucinium par un acide de teneur aussi élevée, nous avons enfermé le comprimé de métal dans une feuille d'or tarée, enroulée sur elle-même.

Voici, parmi nos mesures, celles qui correspondent aux meilleures expériences :

| | g | Q. cal-kg-degré |
|---|---|---|
| 1° Poids de métal dissous | 0,115 .............. | 109,8 |
| | 0,107 .............. | 108,6 |
| | 0,109 .............. | 109,1 |

| | g | Q'. cal-kg-degré |
|---|---|---|
| 2° Poids d'oxyde dissous | 0,593 .............. | 26,35 |
| | 0,303 .............. | 26,69 |
| | 0,629 .............. | 26,35 |

En adoptant pour Q le nombre moyen 109, pour Q' 26,5, nous avons :

$$Gl_{sol} + O_{gaz} \rightarrow GlO_{sol} + 151^{cal},5.$$

A défaut d'une contre-épreuve par combustion directe, nous avons contrôlé notre mode opératoire en mesurant la chaleur d'oxydation du calcium par dissolution de ce métal et de la chaux dans l'acide chlorhydrique, et nous avons trouvé une concordance satisfaisante : $158^{cal},7$ au lieu de $160^{cal}$, nombre obtenu par Muthmann en 1907 dans la combustion directe du calcium.

Ainsi, le glucinium est, parmi tous les éléments, l'un des plus énergiquement oxydables. Sa chaleur d'oxydation ($151^{cal},5$) le classe immédiatement après le calcium ($160^{cal}$) et avant le lanthane ($148^{cal},2$), le magnésium ($144^{cal}$), l'aluminium ($128^{cal},6$), le cérium ($112^{cal}$), etc., tous ces nombres étant naturellement rapportés à $16^g$ d'oxygène (1).

---

(1) Travail subventionné par la Direction des Recherches et des Inventions.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactions microchimiques du radium; sa différenciation du baryum par l'acide iodique.* Note ([1]) de M. G. DENIGÈS, présentée par M. Moureu.

Il était à prévoir que l'acide iodique, qui se montre un réactif si précieux et si différencié pour les métaux de la série calcique, par voie microchimique, donnerait aussi, facilement, des cristaux avec les sels de radium, et, en outre, que ces cristaux s'offriraient avec des caractères beaucoup plus rapprochés de ceux que présente l'iodate de baryum que de ceux qui appartiennent aux iodates de calcium et de strontium.

Nos expériences ont confirmé ces hypothèses; elles nous ont même permis, comme nous le verrons plus loin, de réaliser par microchimie, en se plaçant dans certaines conditions de dilution, la différenciation des ions radium et baryum.

Nous avons d'abord constaté que les réactions microchimiques classiques formées avec les sels barytiques et les acides hydrofluosilicique, oxalique et tartrique, l'émétique, le ferrocyanure et le tartrate de potassium, donnaient des résultats identiques avec les sels de radium et ne distinguaient en rien ces deux ions.

Il en a été de même avec trois autres réactifs qui n'ont pas encore été employés pour la diagnose du baryum par voie microchimique : le cyanurate d'ammonium, le phosphomolybdate d'ammonium en solution ammoniacale (dont la combinaison barytique a si habilement été utilisée, ces temps derniers, par M. Posternak, pour le dosage pondéral de traces d'acide phosphorique), qui donne de beaux octaèdres avec les deux métaux, enfin le bromate de potassium en solution à 5 pour 100.

Ce dernier, sans être d'une extrême sensibilité, est un réactif très sûr, par microchimie, du baryum et du radium, avec les solutions salines desquelles il fournit immédiatement des prismes monocliniques des plus nets.

Par ces divers réactifs, même en variant la dilution, il nous a été impossible d'établir une différence appréciable avec les deux métaux qui nous occupent.

Il n'en a point été de même avec l'acide iodique.

Quand, parallèlement, on met sur deux lames de verre une gouttelette ($2^{mm}$ à $4^{mm}$, au plus, de diamètre) d'une solution, d'une part, de bro-

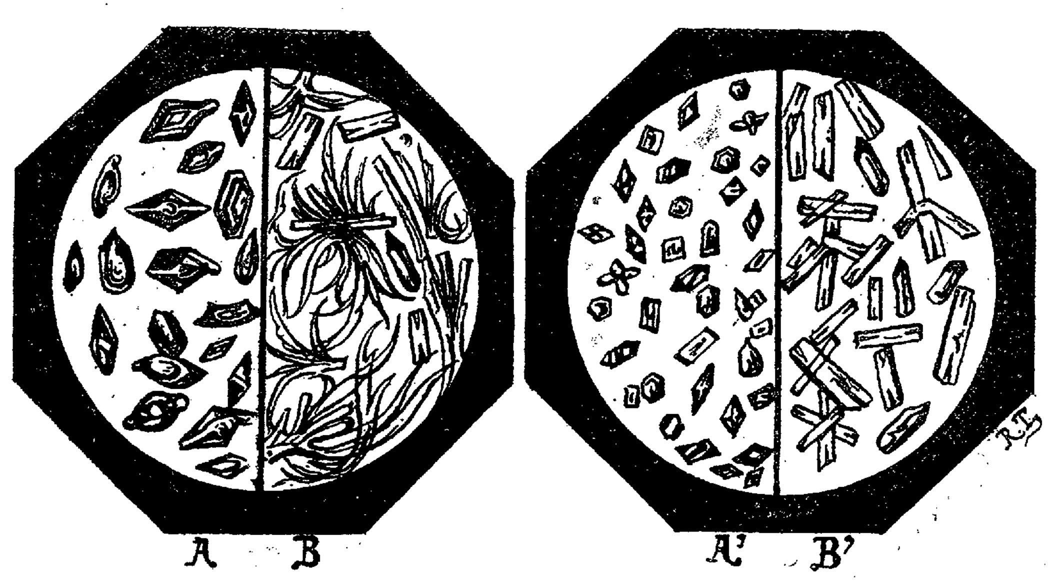
([1]) Séance du 27 septembre 1920.

mure de radium, et, d'autre part, de bromure de baryum à 3 pour 1000, environ, de sel cristallisé; lorsque, à très petite distance de chacune de ces gouttelettes, on dépose une gouttelette d'à peu près même volume d'une solution d'acide iodique au dixième, et qu'on les réunit à l'aide d'un fil de platine, il se forme instantanément des groupements cristallisés, à type penné et ondulé, tout à fait spécial, dont les constituants appartiennent au système monoclinique.

Ces groupements, que nous avons antérieurement décrits [1] et dont une figure a été publiée [2], ne peuvent être que très difficilement distingués, même à de forts grossissements, qu'il s'agisse de baryum ou de radium.

Des groupements de même type, quoique plus simplifiés, sont encore obtenus avec des solutions cinq fois plus étendues (0,60 pour 1000).

A partir d'une dilution à 0,30 pour 1000, la différenciation se produit très nettement, comme on peut le voir par les figures ci-dessous, les solutions




Iodates de radium (A et A') et de baryum (B et B').

salines du radium fournissant alors des octaèdres aigus, isolés, très nets, formes A (dilution à 0,30 pour 1000) et A' (dilution à 0,15 pour 1000),

---

[1] *L'acide iodique, réactif microchimique des combinaisons solubles et insolubles du calcium, du strontium et du baryum* (*Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 990, et *Bull. Soc. Pharm. de Bordeaux*, 2e cahier, 1920, p. 85. 3 figures).

[2] *Loc. cit.* et *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, t. **28**, p. 560.

et celles du baryum les formes B (dilution à 0,30 pour 1000) et B′ (dilution à 0,15 pour 1000) d'aspect absolument différent ([1]).

Il est possible que cette différence si nette, au microscope, soit corrélative d'une différence de solubilité des deux iodates, qui permettra, peut-être, d'étudier un nouveau mode de séparation du radium et du baryum.

*Nota.* — Pour montrer la sensibilité de la méthode microchimique employée pour la recherche des calcoïdes, nous ajouterons que toutes nos expériences sur les réactions microchimiques du radium ont été faites avec $\frac{2}{10}$ de milligramme seulement de radium métal, provenant de $1^{mg}$ de bromure de radium cristallisé, dont nous devons la possession à la générosité de M. Zaharoff, qui a bien voulu mettre spontanément à notre disposition les fonds nécessaires pour l'acquisition de ce sel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Analyse qualitative de l'acide cyanique.* Note ([2]) de M. **R. Fosse**, présentée par M. A. Haller.

Tandis que la formation de l'acide cyanique par oxydation des substances organiques, tentée en vain par plusieurs auteurs, était considérée comme irréalisable, nous avons démontré, en l'isolant, que ce corps précède et engendre l'urée, lorsqu'on oxyde les protéiques, seuls ou en présence de glucose et les solutions ammoniacales d'acides aminés, d'hydrates de carbone, de glycérine ou d'aldéhyde formique ([3]).

Parmi les méthodes d'analyses, qui nous ont conduit à ces résultats, nous décrirons, ici, celle qui repose sur la formation de l'urée.

La formation de l'urée, d'après la réaction de Woehler,

$$CONH^2NH^3 = CO(NH^2)^2, \qquad (1)$$

peut servir à reconnaître de très petites quantités d'acide cyanique, puisque

---

([1]) Dans le cas des fortes dilutions, la réaction microscopique est plus sensible et plus nette si, au lieu de procéder par contact latéral des solutions salines et du réactif iodique, on porte au centre de la gouttelette de ces solutions, sans agiter et en allant jusqu'au contact avec la lame porte-objet, l'extrémité d'une baguette de verre effilée après l'avoir simplement plongée de $1^{mm}$ ou $2^{mm}$ dans le réactif indiqué. L'examen microscopique est pratiqué sans recouvrir la préparation d'une lamelle.

([2]) Séance du 27 septembre 1920.

([3]) R. Fosse, *Comptes rendus*, 1919, t. 168, p. 320, 908, 1164; t. 169, p. 91.

le xanthydrol permet d'identifier et de doser des traces d'urée. Mais il existe plus d'un corps susceptible d'engendrer la carbamide. Toute formation d'urée ne dérive point nécessairement de l'acide cyanique.

Cependant la nature des conditions expérimentales, qui autorisent ou abolissent l'apparition de cette diamide, peut servir à caractériser la substance uréogène.

On peut rechercher la carbimide, soit directement en solution, soit dans le précipité brut qu'elle forme par l'action du nitrate d'argent.

*Recherche de l'acide cyanique dans une solution.* — Deux dosages d'urée sont nécessaires :

*a*. Le premier est exécuté sur la liqueur n'ayant subi aucun traitement;

*b*. Le deuxième sur la liqueur, préalablement chauffée, 1 heure, avec du chlorure d'ammonium.

A $2^{cm^3}$, par exemple, de chacune d'entre elles, on ajoute $4^{cm^3}$ d'acide acétique et $0^{cm^3},3$ de xanthydrol méthylique à $\frac{1}{10}$.

Si le poids de xanthylurée de *b* est supérieur à celui de *a*, la solution *peut* contenir de l'acide cyanique.

*a. Recherche de l'acide cyanique par la formation et la non-formation de l'urée aux dépens de sel d'argent.* — La méthode est basée sur les deux réactions connues :

Formation de l'urée par le chauffage du sel d'argent avec $NH^4Cl$.

Abolition de cette propriété par chauffage préalable du sel avec l'acide azotique.

Pour apprécier la sensibilité de ces réactions, nous décrirons les expériences suivantes :

*Caractérisation de l'urée produite par une très petite quantité de cyanate d'argent.* — *a*. On chauffe, 15 minutes au bain-marie bouillant, dans un petit tube, pouvant être soumis à la centrifugation : cyanate d'argent, $2^{mg}$; chlorure d'ammonium, $1^{cg}$; eau, $0^{cm^3},25$.

La liqueur, centrifugée après addition d'acide acétique ($0^{cm^3},5$), pourvue d'un peu de xanthydrol, se transforme en bouillie cristalline de xanthylurée.

*b*. On évapore à sec, au bain-marie, avec un peu de chlorure d'ammonium, *un milligramme* de cyanate d'argent, fourni par $5^{cm^3}$ d'une solution ammoniacale, contenant $0^{g},02$ de CONAg pour $100^{cm^3}$.

Le résidu sec est broyé avec : eau, $0^{cm^3},33$; acide acétique, $0^{cm^3},66$. On ajoute à la liqueur centrifugée, sans la décanter, du xanthydrol méthy-

lique, $0^{cm^3},05$, on mélange avec un agitateur filiforme en évitant de toucher au léger dépôt de chlorure d'argent. L'urée xanthylée ne tarde pas à apparaître.

*Non-formation de l'urée par l'action successive de l'acide azotique, de l'ammoniaque et du chlorure d'ammonium sur le cyanate d'argent.* — Les mêmes expériences, qui précèdent, exécutées après acidulation préalable par $NO^3H$, chauffage, alcalinisation par $NH^3$, addition de chlorure d'ammonium, puis évaporation à sec, ne donnent point la moindre trace d'urée. Même résultat négatif en opérant snr des doses plus considérables de cyanate d'argent.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur une nouvelle classe d'hypnotiques : Les dialcoylhomophtalimides*. Note de MM. **Auguste Lumière** et **Félix Perrin**, présentée par M. Charles Moureu.

Depuis les observations de Thierfelder, de Baumann et Kast, et les travaux de Fischer et von Mehring sur les malonylurées, on sait que, pour qu'une substance organique de cette série soit douée de propriétés hypnotiques, il est nécessaire, en général, que sa molécule renferme un ou plusieurs groupes alcoylés liés à un atome de carbone ternaire ou, de préférence, quaternaire.

Nous inspirant de cette remarque, nous avons eu l'idée d'étudier à ce point de vue la diéthylhomophtalimide, dont la constitution, répondant à ces conditions, peut être représentée par la formule suivante :

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}\overset{H^5C^2\;\;C^2H^5}{\diagdown\diagup}\\ C - CO\\ \qquad\;\; | \\ CO - NH\end{array}\right..$$

Ce corps peut être préparé en oxydant la naphtaline pour obtenir d'abord l'acide phtalonique

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}CO - COOH\\ COOH\end{array}\right.$$

qui, réduit par l'acide iodhydrique, conduit à l'acide homophtalique

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}CH^2 - COOH\\ COOH\end{array}\right.$$

dont le sel d'ammoniac évaporé à sec et chauffé jusqu'à fusion tranquille donne l'homophtalimide

$$C^6H^4\begin{cases}CH^2 - CO \\ \quad\quad\quad\;\; | \\ CO - NH\end{cases}.$$

Les dérivés alcoylés de ce corps s'obtiennent au moyen des iodures alcooliques correspondants; c'est ainsi que l'iodure d'éthyle, en présence de l'éthylate de sodium, permet de préparer facilement la diéthylhomophtalimide, qui se présente sous forme de feuillets incolores, fusibles à 144°.

Nous avons préparé par les mêmes méthodes les dialcoylhomophtalimides suivantes :

L'éthylpropylhomophtalimide, lamelles blanches, fondant à 117°, peu solubles dans l'eau;

La dipropylhomophtalimide, fusible à 128°, très peu soluble dans l'eau froide; et

La diallylhomophtalimide, fusible à 140°-141°, très peu soluble dans l'eau, même à l'ébullition.

Le dosage de l'azote pour cette dernière substance a donné les résultats ci-dessous :

| | Calculé. | Trouvé. |
|---|---|---|
| N pour 100 .................... | 5,8 | 6,07 |

Ces dérivés de l'homophtalimide sont solubles dans la potasse et la soude et précipités de leur solution par le chlorure d'ammonium.

Ces substances jouissent de propriétés hypnotiques qui sont d'autant plus intéressantes que leur toxicité est très faible et qu'elles semblent dépourvues d'actions secondaires défavorables.

Dans la série des malonylurées, l'action hypnotique manque totalement avec le dérivé diméthylé, elle est faible avec le méthyléthyl, croît avec le méthylpropyl, s'accentue encore dans le cas du diéthyl et atteint son maximum avec le dipropyl; elle devient très faible avec le diamyl, et le dibenzyl est complètement inactif.

Nous avons cherché à comparer pareillement le pouvoir hypnotique des différents dérivés dialcoylés de l'homophtalimide, et nous avons constaté que les choses se passent sensiblement de la même manière, avec cette différence cependant que l'accroissement de l'activité s'arrête plus rapidement au fur et à mesure de l'augmentation de condensation en carbone des groupes substitués, probablement à cause de la moindre solubilité des

substances appartenant à la série de l'homophtalimide, le maximum d'action paraissant se manifester pour le dérivé diéthylé.

L'étude pharmacodynamique et chimique de ces corps, qui fera l'objet d'un travail ultérieur, semble montrer dès maintenant qu'ils pourraient être avantageusement utilisés en thérapeutique.

GÉOLOGIE. — *Sur la Tectonique du Massif armoricain.* Note de M. F. **Kerforne**, présentée par M. Pierre Termier.

En faisant abstraction, pour le moment, des mouvements qui ont pu se produire antérieurement au Silurien et de ce fait que le plateau septentrional et le plateau méridional de la Bretagne, avec leurs roches cristallines, sont d'anciens fonds de géosynclinaux successifs, la structure tectonique du Massif armoricain ressort de deux systèmes de plis d'âge différent qui se sont superposés.

Le premier, auquel on peut conserver le nom de *Système du Léon* qui lui a été donné par M. Ch. Barrois sans en préciser l'âge, est dirigé sensiblement SW-NE, c'est-à-dire comme les plissements *calédoniens*.

A ce système appartiennent les synclinaux de la rade de Brest, séparés du synclinal carboniférien de Châteaulin par la crête de Quimerc'h, le synclinal métamorphisé de Morlaix, les directions de plissement du nord des Côtes-du-Nord et de l'Ille-et-Vilaine, le pli de Gahard, le pli de la forêt de Mayenne, etc., pour ne citer que les principaux. Il est d'une grande netteté dans tout le nord du Massif, mais c'est dans le Massif tout entier qu'on peut en retrouver la trace.

Étant donnée la concordance absolue qui existe dans la partie médiane de la région depuis la base du Silurien jusqu'au Dévonien y compris, l'âge principal de ces plissements ne peut être antérieur à cette dernière époque, bien que dans le synclinal d'Ancenis, où l'on constate des discordances du Dévonien sur le Silurien, ils aient pu commencer plus tôt. Après le Coblencien en Normandie, après l'Eifélien dans le centre et dans l'est du Massif, au Famennien dans l'ouest, il s'est constitué une chaîne à direction *calédonienne*, dont les débris sont venus former les sédiments carbonifériens, en discordance sur les termes précédents, comme l'a montré en particulier Œhlert dans la Mayenne; elle est donc en retard sur les plissements de direction analogue situés plus au Nord dans les Iles britanniques.

Le second système de plissements (*Système de Cornouaille* de M. Ch. Bar-

rois), le seul qui soit généralement envisagé, de direction sensiblement E-W ou plutôt ESE-WNW, est le plissement *armoricain* (*hercynien*); il a commencé à se produire au Carboniférien moyen, mais il paraît s'être continué jusqu'après le Stéphanien.

Les plis armoricains se sont écrasés en maints endroits sur la chaîne à direction calédonienne, insuffisamment abrasée; en tout cas, leur déviation à la rencontre des plis plus anciens est parfaitement visible en de nombreux points, en particulier dans le Finistère.

Il n'est pas téméraire de considérer comme des racines de nappes de charriage armoricaines les couches fragmentées et bordées de failles longitudinales du synclinal médian de la Bretagne, qui s'étendent à travers les Côtes-du-Nord et l'Ille-et-Vilaine et sont généralement déversées vers le Nord avec pendage Sud constant.

Les terrains des synclinaux du Sud présentent, du reste, des phénomènes analogues, comme en est témoin la *Nappe de la Vilaine*.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

## ERRATA.

(Séance du 6 septembre 1920.)

Note de M. *A. Lacroix*, Sur les groupements réguliers de deux minéraux différents constituant certains fers titanés :

Page 484, ligne 17, *au lieu de* de magnétite, *lire* d'hématite.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 11 OCTOBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

L'Académie a fait la semaine dernière une perte cruelle. Un des maîtres de la Zoologie contemporaine, notre confrère **Yves Delage**, président de l'Union biologique internationale, nous a été enlevé par une maladie grave à évolution rapide. Il est mort relativement jeune, à l'âge de 66 ans, après s'être, il est vrai, dépensé sans compter dans un labeur fécond et ininterrompu.

Étant jeune étudiant en médecine à Paris, il est attiré vers la Zoologie par les leçons pleines de foi, professées à la Sorbonne par Lacaze-Duthiers. Il se fait inscrire à son laboratoire et aussi au laboratoire annexe de Roscoff; dans ses premières recherches, il se révèle expérimentateur très habile et très tenace.

Après avoir passé presque en même temps le doctorat en médecine et le doctorat ès sciences naturelles, il est envoyé à la Faculté de Caen, en 1883, comme professeur de Zoologie, mais il y reste peu. Son maître Lacaze-Duthiers, frappé de ses qualités exceptionnelles, le rappelle à Paris comme Maître de conférences, le présentant à tous comme son successeur. Il lui cède ultérieurement sa chaire de Zoologie, d'Anatomie et de Physiologie comparées, après avoir pris pour lui une autre chaire de la Faculté.

A 32 ans, notre confrère Delage est professeur titulaire à la Sorbonne et, peu après, directeur adjoint du laboratoire de Roscoff. Désormais sa vie scientifique est partagée entre ces deux fonctions, qu'il a occupées jusqu'à sa mort. Il aimait beaucoup l'établissement maritime de Roscoff, qui lui doit sa forme actuelle, et qu'il a beaucoup augmenté. C'est à Roscoff qu'il a trouvé les éléments de ses principales découvertes.

Son premier travail, qui lui vaut le grand prix des Sciences physiques, porte sur les petits Crustacés, appelés Edriophthalmes, dont il reconnaît et décrit l'appareil circulatoire, grâce à des injections très difficiles à réaliser.

Il étudie ensuite un parasite remarquable, la Sacculine, qui est un crustacé inférieur fixé sous l'abdomen du crabe vulgaire. Il a pu discerner et suivre son évolution complète.

L'embryon de la Sacculine, le nauplius, vit librement dans la mer; puis, arrivé après une mue au stade Cypris, il s'accroche par une antenne à la carapace de sa victime. Avec un tube rigide, formé plus tard, il perce cette carapace et injecte sa propre substance dans la cavité du corps du crabe. Là, au contact des sucs nourriciers de son hôte, le parasite pousse des prolongements ramifiés, des racines, dans tout le corps de celui-ci, en perdant peu à peu son appareil digestif et ses membres devenus inutiles. Mais il conserve ses organes de reproduction, qui doivent se développer à l'extérieur. Il perce de nouveau la carapace, mais en sens inverse, et forme une nouvelle poche dans laquelle on trouve finalement les petits embryons nauplius. Le cycle est alors fermé. Ce cas de parasitisme est un des plus singuliers et des plus curieux que l'on connaisse.

Il faut signaler aussi la reconnaissance d'un système nerveux dans les Planaires acèles, et une longue étude sur l'embryogénie des Éponges, mais on peut citer ici seulement les recherches principales. Dans les dernières années, le professeur Delage a beaucoup étudié et discuté la parthénogenèse expérimentale dont il a éclairci plusieurs points importants; il a fait, en particulier, de longues recherches sur la fécondation chimique et même électrique des Oursins. Les êtres nés dans ces conditions spéciales avaient eu jusqu'alors une existence éphémère, qui n'allait pas en général au delà d'un jour; or, il a pu, à Roscoff, élever un oursin qui a vécu plusieurs mois, qu'il nous a présenté ici-même et qui offre tous les caractères de l'âge adulte.

Cependant, au cours de ces belles recherches, qui, les premières surtout, se rapportent à la morphologie, notre confrère avait usé beaucoup du microscope, et souvent avec excès. En 1895, il ressent les premières atteintes d'une maladie grave des yeux, qui, finalement, empire; car, entraîné toujours par son ardeur et son amour de la Science, il ne pouvait s'astreindre au repos complet qui était nécessaire.

En 1904, il devient presque complètement aveugle; mais il accepte ces épreuves successives, très dures, avec une vigueur d'âme vraiment remarquable. Son activité scientifique reste la même, elle est seulement orientée vers d'autres sujets.

C'est ainsi qu'il commença en 1895 ses grandes publications d'ordre général qui ont accru largement sa célébrité.

Dans un grand volume intitulé : *Structure du protoplasma. Les théories de l'hérédité et les grands problèmes de Biologie générale*, il résume toutes les grandes théories sur la substance vivante et en fait l'examen critique; il expose ensuite sa théorie personnelle des causes actuelles. L'Ouvrage a eu une très grande influence sur la direction donnée aux recherches biologiques.

En 1896, avec la collaboration de M. Hérouard, il publie le premier volume de la *Zoologie concrète*, qui doit comprendre au moins un volume pour chacun des dix embranchements du règne animal. Six volumes ont déjà paru.

L'année suivante, il présenta sa première *Année biologique*, qui résume dans un ordre logique tous les travaux d'une année et contient des articles originaux sur les sujets d'actualité. Cette publication, très utile, a été continuée jusqu'à sa mort; elle peut être présentée comme un modèle aux autres sciences.

Les Mémoires de moindre importance sont nombreux et se rapportent aux sujets les plus divers. Il était en effet fort instruit, très averti et documenté sur toutes les connaissances humaines. On lui doit en particulier plusieurs Notes intéressantes sur la psychologie du rêve. Il a condensé toutes les opinions émises sur le sujet, ses observations et idées personnelles, dans un gros Ouvrage qu'il nous présentait il y a un mois.

En résumé, il a été incontestablement un grand naturaliste, et, par un privilège très rare à notre époque, il a pu être appelé un encyclopédiste. Il s'intéressait à toutes les questions, et pouvait, grâce à ses connaissances étendues, prendre part à toutes les discussions. Ayant en plus une intelligence très vive, un caractère très droit, un idéal de vie très simple et très élevé, il se formait rapidement une opinion sur la question posée et la présentait volontiers, avec une parole claire, vibrante et colorée. Il était assurément une des figures les plus originales de notre Compagnie, et sa perte est vivement ressentie par tous.

L'Académie s'incline devant les hautes qualités de l'homme, et prend part largement au deuil de sa femme et de ses enfants.

ASTRONOMIE. — *Corrections des signaux horaires normaux émis par le Bureau international de l'Heure du 1er janvier au 19 mars* 1920. Note de M. G. **Bigourdan**.

Nous avons déjà donné (p. 605 de ce vol.), dans un premier Tableau, les corrections adoptées de la pendule directrice. Voici maintenant les corrections conclues pour les signaux :

## TABLEAU II.

CORRECTIONS DES SIGNAUX ORDINAIRES PARTIELLEMENT AUTOMATIQUES
*du matin* ($t$, 4) *et du soir* ($t$, 9).
(Battements automatiques de $45^m.0^s,0 - 47^m.0^s,0 - 49^m.0^s,0$).
Les dates marquées d'une ★ sont celles où l'on a obtenu des observations méridiennes.

| 1920. Janvier. | Corrections. (s) | 1920. Janvier. | Corrections. (s) | 1920. Février. | Corrections. (s) | 1920. Février. | Corrections. (s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,4 ♃.. | −0,19 | 21,4 ☿.. | −0,08 | 9,9.... | +0,05 | 29,9 ★.. | −0,03 |
| ,9.... | −0,20 | ,9 ★.. | −0,07 | 10,4 ♂.. | +0,06 | Mars. | |
| 2,4 ♀.. | −0,21 | 22,4 ♃.. | −0,05 | ,9.... | +0,06 | 1,4 ☾.. | −0,08 |
| ,9 ★.. | −0,16 | ,9 ★.. | −0,09 | 11,4 ☿.. | +0,10 | ,9 ★.. | −0,08 |
| 3,4 ♄.. | −0,18 | 23,4 ♀.. | −0,06 | ,9 ★.. | +0,10 | 2,4 ♂.. | −0,03 |
| ,9.... | −0,09 | ,9 ★.. | −0,08 | 12,4 ♃.. | +0,10 | ,9 ★.. | −0,12 |
| 4,4 ☉.. | −0,08 | 24,4 ♄.. | −0,07 | ,9.... | +0,04 | 3,4 ☿.. | −0,06 |
| ,9.... | −0,09 | ,9.... | −0,04 | 13,4 ♀.. | +0,05 | ,9 ★.. | −0,08 |
| 5,4 ☾.. | −0,09 | 25,4 ☉.. | −0,06 | ,9.... | +0,06 | 4,4 ♃.. | −0,06 |
| ,9.... | −0,09 | ,9.... | −0,07 | 14,4 ♄.. | +0,09 | ,9 ★.. | −0,08 |
| 6,4 ♂.. | −0,09 | 26,4 ☾.. | −0,06 | ,9.... | +0,07 | 5,4 ♀.. | +0,01 |
| ,9.... | −0,06 | ,9.... | −0,01 | 15,4 ☉.. | +0,07 | ,9 ★.. | +0,05 |
| 7,4 ☿.. | −0,05 | 27,4 ♂.. | +0,01 | ,9 ★.. | +0,06 | 6,4 ♄.. | −0,08 |
| ,9.... | −0,08 | ,9.... | −0,01 | 16,4 ☾.. | +0,08 | ,9.... | −0,06 |
| 8,4 ♃.. | −0,08 | 28,4 ☿.. | 0,00 | ,9 ★.. | −0,05 | 7,4 ☉.. | −0,08 |
| ,9.... | −0,06 | ,9.... | −0,05 | 17,4 ♂.. | −0,03 | ,9.... | −0,12 |
| 9,4 ♀.. | −0,03 | 29,4 ♃.. | 0,00 | ,9 ★.. | −0,05 | 8,4 ☾.. | −0,12 |
| ,9.... | −0,06 | ,9 ★.. | −0,04 | 18,4 ☿.. | −0,05 | ,9 ★.. | −0,12 |
| 10,4 ♄.. | −0,06 | 30,4 ♀.. | −0,02 | ,9.... | −0,06 | 9,4 ♂.. | −0,11 |
| ,9.... | −0,05 | ,9.... | −0,16 | 19,4 ♃.. | −0,05 | ,9.... | −0,04 |
| 11,4 ☉.. | −0,09 | 31,4 ♄.. | −0,12 | ,9 ★.. | −0,14 | 10,4 ☿.. | −0,01 |
| ,9.... | −0,06 | ,9 (3). | −0,16 | 20,4 ☿.. | −0,12 | ,9.... | 0,00 |
| 12,4 ☾.. | −0,03 | Février. | | ,9.... | −0,11 | 11,4 ♃.. | +0,02 |
| ,9.... | −0,08 | 1,4 ☉.. | −0,14 | 21,4 ♄.. | −0,12 | ,9.... | +0,02 |
| 13,4 ♂.. | −0,07 | ,9 ★.. | −0,15 | ,9.... | −0,16 | 12,4 ♀.. | +0,03 |
| ,9.... | −0,09 | 2,4 ☾.. | −0,13 | 22,4 ☉.. | −0,14 | ,9 ★.. | +0,06 |
| 14,4 ☿.. | −0,07 | ,9 ★.. | −0,09 | ,9.... | −0,16 | 13,4 ♄.. | +0,05 |
| ,9 ★.. | −0,10 | 3,4 ♂.. | −0,07 | 23,4 ☾.. | −0,16 | ,9.... | −0,06 |
| 15,4 ♃.. | −0,10 | ,9 ★.. | −0,07 | ,9 ★.. | −0,17 | 14,4 ☉.. | −0,05 |
| ,9 (1). | −0,07 | 4,4 ☿.. | −0,05 | 24,4 ♂.. | −0,18 | ,9.... | 0,00 |
| 16,4 ♀.. | −0,05 | ,9.... | −0,01 | ,9 ★.. | −0,10 | 15,4 ☾.. | −0,04 |
| ,9 ★.. | −0,05 | 5,4 ♃.. | −0,05 | 25,4 ☿.. | −0,07 | ,9 ★.. | −0,04 |
| 17,4 ♄.. | −0,05 | ,9 ★.. | −0,03 | ,9.... | −0,07 | 16,4 ♂.. | −0,02 |
| ,9 ★.. | −0,04 | 6,4 ♀.. | −0,01 | 26,4 ♃.. | −0,08 | ,9 ★.. | −0,05 |
| 18,4 ☉.. | −0,04 | ,9 ★.. | +0,02 | ,9.... | −0,07 | 17,4 ☿.. | −0,02 |
| ,9.... | −0,03 | 7,4 ♄.. | +0,06 | 27,4 ♀.. | −0,05 | ,9.... | −0,02 |
| 19,4 ☾.. | −0,03 | ,9 ★.. | +0,04 | ,9.... | −0,06 | 18,4 ♃.. | +0,01 |
| ,9.... | −0,06 | 8,4 ☉.. | +0,08 | 28,4 ♄.. | −0,04 | ,9.... | −0,03 |
| 20,4 (2) ♂ | −0,04 | ,9 ★.. | +0,07 | ,9 ★.. | −0,05 | 19,4 ♀.. | −0,00 |
| ,9.... | −0,08 | 9,4 ☾.. | +0,09 | 29,4 ☉.. | −0,04 | ,9 ★.. | −0,00 |

(1) Janv. 15,9. Les signaux de $47^m 0^s,0$ et de $49^m 0^s,0$ ont été envoyés à la main, et en retard de $0^s,1$ environ.

(2) Janv. 20,4. Les signaux automatiques passent en retard de $0^s,15$ environ.

(3) Janv. 31,9. Le signal de $47^m 0^s,0$ est faible et en retard de $0^s,06$ au moins; celui de $49^m 0^s,0$ est en retard au moins de $0^s,03$ à $0^s,04$.

## TABLEAU III.

Corrections des battements 1 et 300 des signaux scientifiques de $23^h 30^m$.

Quand on a obtenu des observations méridiennes, une étoile (★) remplace le signe du jour de la semaine.

| 1920. | | Heures télégraphiées. Batt¹ 1. | Batt¹ 300. | Corr. |
|---|---|---|---|---|
| | | m s | m s | s |
| Janv. | 1 ♃ | 29.31,84 | 34.24,93 | —0,20 |
| | 2 ★ | 29.31,00 | 34.24,10 | —0,16 |
| | 3 ♄ | 38. 2,22 | 42.55,32 | —0,09 |
| | 4 ☉ | 39.13,76 | 44. 6,85 | —0,09 |
| | 5 ☾ | 28.23,52 | 33.16,63 | —0,09 |
| | 6 ♂ | 35.57,42 | 40.50,50 | —0,05 |
| | 7 ☿ | 29.28,56 | 34.21,62 | —0,08 |
| | 8 ♃ | 34.25,43 | 39.18,52 | —0,06 |
| | 9 ♀ | 29.28,36 | 34.21,40 | —0,06 |
| | 10 ♄ | 35. 6,70 | 39.59,65 | —0,05 |
| | 11 ☉ | 33.18,58 | 38.11,51 | —0,06 |
| | 12 ☾ | 31.28,08 | 36.21,02 | —0,06 |
| | 13 ♂ | 29.36,88 | 34.29,75 | —0,09 |
| | 14 ★ | 31.24,92 | 36.17,97 | —0,08 |
| | 15 ♃ | 29.55,09 | 35.48,13 | —0,07 |
| | 16 ★ | 29.18,47 | 34.11,56 | —0,04 |
| | 17 ★ | 29.30,88 | 34.23,97 | —0,04 |
| | 18 ☉ | 29.29,12 | 34.22,20 | —0,02 |
| | 19 ☾ | 31.10,77 | 36. 3,88 | —0,06 |
| | 20 ♂ | 32. 9,47 | 37. 2,54 | —0,06 |
| | 21 ★ | 29.16,80 | 34. 9,97 | —0,07 |
| | 22 ★ | 30.47,79 | 35.40,90 | —0,09 |
| | 23 ★ | 29.51,33 | 34.44,62 | —0,08 |
| | 24 ♄ | 32.16,16 | 37. 9,22 | —0,03 |
| | 25 ☉ | 30.17,69 | 35.10,83 | —0,07 |
| | 26 ☾ | 29.46,68 | 34.39,80 | —0,01 |
| | 27 ♂ | 30.16,02 | 35. 9,16 | —0,01 |
| | 28 ☿ | 29.12,71 | 34. 5,83 | —0,04 |
| | 29 ★ | 29.30,76 | 34.23,92 | —0,05 |
| | 30 ♀ | 29.53,69 | 34.46,81 | —0,16 |
| | 31 ♄ | 30.42,05 | 35.35,19 | —0,16 |
| Févr. | 1 ★ | 29.30,76 | 34.23,88 | —0,15 |
| | 2 ★ | 30.57,69 | 35.50,78 | —0,09 |
| | 3 ★ | 29.16,99 | 34.11,09 | —0,05 |
| | 4 ☿ | 34.14,50 | 35. 7,59 | —0,01 |
| | 5 ★ | 29.26,29 | 34.19,40 | —0,03 |
| | 6 ★ | 29.32,25 | 34.25,36 | +0,02 |
| | 7 ★ | 30. 9,41 | 35. 2,50 | +0,04 |
| | 8 ★ | 30. 7,90 | 35. 1,01 | +0,07 |
| Févr. | 9 ☾ | 29.30,62 | 34.23,70 | +0,06 |
| | 10 ♂ | 30.53,02 | 35.46,13 | +0,06 |
| | 11 ★ | 29.20,13 | 34.13,23 | +0,11 |
| | 12 ♃ | 30.19,27 | 35.12,31 | +0,04 |
| | 13 ♀ | 29.31,02 | 34.24,12 | +0,07 |
| | 14 ♄ | 29.33,21 | 34.26,32 | +0,07 |
| | 15 ★ | 32.25,17 | 37.18,25 | +0,06 |
| | 16 ★ | 30.17,96 | 35.11,00 | —0,05 |
| | 17 ★ | 29.31,99 | 34.25,07 | —0,05 |
| | 18 ☿ | 30. 6,37 | 34.59,48 | —0,06 |
| | 19 ★ | 29.31,17 | 34.24,29 | —0,12 |
| | 20 ♀ | 29.34,41 | 34.27,50 | —0,11 |
| | 21 ♄ | 34. 4,83 | » | —0,16 |
| | 22 ☉ | 29.31,51 | 34.24,65 | —0,16 |
| | 23 ★ | 29.33,59 | 34.26,65 | —0,17 |
| | 24 ★ | 33.32,61 | 38.25,75 | —0,10 |
| | 25 ☿ | 30. 9,54 | 35. 2,66 | —0,07 |
| | 26 ♃ | 29.29,94 | 34.23,02 | —0,07 |
| | 27 ♀ | 31.28,33 | 36.21,46 | —0,06 |
| | 28 ★ | 35. 8,02 | 40. 1,16 | —0,05 |
| | 29 ★ | 34.52,50 | 39.45,62 | —0,03 |
| Mars | 1 ★ | 29.30,53 | 34.23,67 | —0,08 |
| | 2 ★ | 29.30,02 | 34.23,10 | —0,12 |
| | 3 ★ | 29.19,93 | 34.13,07 | —0,08 |
| | 4 ★ | 30.42,89 | 35.35,98 | —0,01 |
| | 5 ★ | 29.30,64 | 34.23,82 | —0,05 |
| | 6 ♄ | 29.28,98 | 34.22,06 | —0,06 |
| | 7 ☉ | 29.31,63 | 34.24,69 | —0,12 |
| | 8 ★ | 29.24,71 | 34.17,83 | —0,12 |
| | 9 ♂ | 39.30,05 | 34.23,13 | —0,04 |
| | 10 ☿ | 30.56,69 | 35 49,80 | 0,00 |
| | 11 ♃ | 29.56,83 | 34.49,94 | +0,02 |
| | 12 ★ | 35. 4,15 | 39.57,25 | +0,06 |
| | 13 ♄ | 34.45,02 | 39.38,24 | —0,06 |
| | 14 ☉ | 32. 2,05 | 36.55,21 | 0,00 |
| | 15 ★ | 30.50,28 | 35.43,52 | —0,04 |
| | 16 ★ | 29.40,05 | 34.33,22 | —0,05 |
| | 17 ☿ | 29.30,36 | 34.23,57 | —0,02 |
| | 18 ♃ | » | » | —0,03 |

OCÉANOGRAPHIE. — *Application du tube de Pitot à la détermination de la vitesse des navires et à l'enregistrement des espaces parcourus.* Note de M. **Yves Delage** (1).

Le tube de Pitot a été employé depuis longtemps à la détermination de la vitesse des courants par rapport aux objets immergés immobiles; rien n'empêche, retournant les termes de la question, de l'appliquer à la détermination de la vitesse d'un objet se mouvant dans l'eau tranquille.

Sous sa forme la plus fruste, le problème ne présente aucune difficulté : il suffit d'établir sous le navire un tube de Pitot traversant la carène et de lire les indications des hauteurs après avoir repéré le niveau de l'eau ambiante quand le navire est au repos. Le liquide se mouvant dans un tube transparent ou actionnant un flotteur, les vitesses réalisées peuvent être lues sur une échelle graduée très facile à établir. Mais c'est là une solution grossière et imparfaite. Je me suis proposé de résoudre trois questions accessoires susceptibles de donner à l'appareil une valeur pratique : la première consiste à transporter les indications de l'instrument en un point quelconque du navire : chambre du capitaine, poste de commandement; la deuxième, à rendre les indications de l'instrument indépendantes des variations de la charge et du tirant d'eau du navire; la troisième, à enregistrer les indications des vitesses après avoir rendu les ordonnées de la courbe proportionnelles aux vitesses elles-mêmes et non à leurs carrés, ce qui permet, en déterminant la surface de la courbe, de connaître les espaces parcourus.

1. *Transport des indications à distance.* — Supposons que l'on ait installé dans le navire deux tubes voisins, l'un comme un tube de Pitot, l'autre fermé en bas, sauf quelques minuscules ouvertures, de manière à permettre l'effet hydrostatique en excluant l'effet Pitot. Ce second tube donnera le niveau exact de la mer au dehors, tandis que dans le premier l'eau montera plus ou moins haut selon la vitesse du navire. Supposons que le tube de Pitot soit fermé en haut à une certaine distance au-dessus du niveau de l'eau à son intérieur et qu'à l'aide d'une pompe nous comprimions de l'air dans l'espace clos E ainsi obtenu jusqu'à ce que l'eau soit refoulée au même niveau que dans le tube hydrostatique. A ce moment, la pression dans

(1) Cette Note a été intégralement dictée par M. Delage au cours de sa dernière maladie, quelques jours avant sa mort, et destinée par lui aux *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences.

l'espace E sera précisément égale à celle de la colonne d'eau H qui se serait élevée dans le tube de Pitot au-dessus du niveau hydrostatique par l'effet de la vitesse. Quelles que soient les variations de la vitesse, tant qu'on saura maintenir le niveau identique dans les deux tubes, on pourra affirmer, sans plus ample examen, que la pression H est bien celle qui correspond à la vitesse ou plutôt au carré de la vitesse.

Pour maintenir automatiquement l'identité de niveau dans les deux tubes, j'ai imaginé le dispositif suivant. Je n'en donnerai ici que le principe, réservant le détail et les figures pour un Mémoire qui doit paraître dans le *Bulletin* du Musée de Monaco.

Dans le tube de Pitot est un flotteur fait d'une substance diélectrique surmonté d'une tige qui monte et descend dans l'axe du tube suivant les variations du niveau de l'eau. Cette tige porte à une certaine hauteur deux ergots superposés susceptibles d'entrer en contact chacun avec un butoir et ne permettant que des mouvements très faibles du flotteur. Dès que l'eau tend à s'élever dans le tube, l'ergot supérieur entre en contact avec le butoir supérieur et ferme un courant électrique au moyen de fils traversant la paroi du tube à l'état isolé. Ce courant actionne un petit moteur électrique actionnant un robinet à ressort qui met l'espace E en communication avec un vase contenant de l'air comprimé. Dès que le niveau baisse, l'ergot inférieur rencontre le butoir inférieur et ferme un courant électrique actionnant un petit moteur qui ouvre un robinet à ressort faisant communiquer l'espace E avec le dehors. Ainsi, dès que l'eau tend à monter dans le tube de Pitot, de l'air est injecté dans l'espace E et la refoule à son niveau; dès qu'elle commence à baisser, de l'air s'échappe de l'espace E et rétablit le niveau invariable. Tous ces dispositifs sont d'une simplicité élémentaire. Si donc l'espace E communique par un tube en caoutchouc épais avec l'enregistreur situé où l'on voudra, la pression enregistrée par l'appareil sera, sans perte aucune résultant de la distance, transportée au niveau de l'enregistreur.

2. *Indépendance des indications instrumentales et des variations de la charge.* — Le tirant d'eau d'un navire variant suivant les variations des chargements aux escales et, en cours de route, selon la consommation du charbon, le niveau dans le tube hydrostatique n'est en rien fixe par rapport au navire. Tout accroissement de la charge fera monter l'eau dans le tube de Pitot et agira comme un accroissement de la vitesse; toute diminution de la charge fera baisser l'eau et agira comme une diminution de la vitesse. Or, il n'y a aucun moyen de corriger ces variations par le fonctionnement du

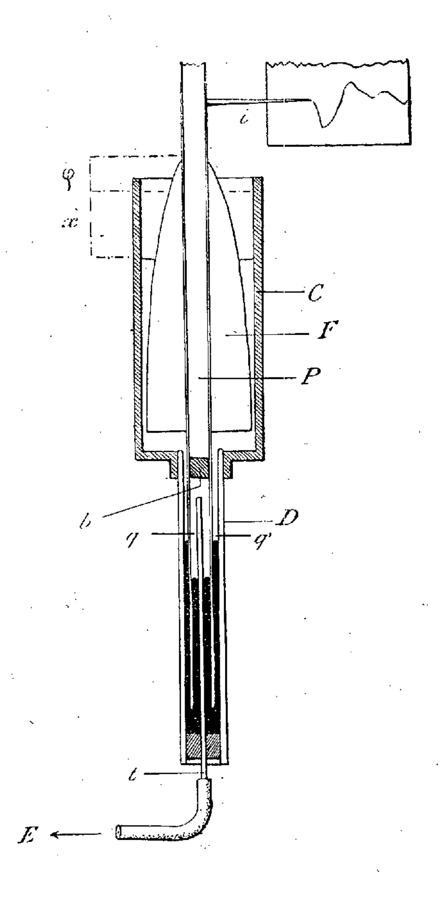
flotteur ci-dessus décrit. En effet, tout abaissement du niveau dans le tube par suite de cette cause s'inscrit comme une diminution de la vitesse et, pour rétablir l'exactitude des indications, il faudrait injecter de l'air dans l'espace E. Or, l'abaissement du flotteur a précisément l'effet inverse; il faut recourir à d'autres moyens. Celui qui m'a paru le plus simple consiste à rendre le tube de Pitot solidaire non plus des parties fixes du navire, mais de l'eau ambiante, en le rendant flotteur.

Pour cela, imaginons que la carène soit traversée par un tube de large diamètre (une dizaine de centimètres) s'ouvrant en bas dans l'eau et s'élevant plus haut que le niveau de l'eau extérieure dans toutes les conditions de charge. Ce gros tube contiendra le tube de Pitot, lequel flottera à son intérieur. Deux guides en haut et deux en bas assureront sa position dans l'axe du gros tube et l'orientation de son extrémité inférieure vers l'avant. Ce tube de Pitot sera d'un métal épais, pour être lourd et avoir une grande inertie, et il sera engainé sur une hauteur convenable par un tube léger, à parois minces, circonscrivant autour de lui un espace plein d'air et étanche, de manière que l'ensemble flotte dans l'eau du tube extérieur et suive les variations du niveau dans ce tube. Les orifices de sortie du tube de Pitot et des guides sont suffisants pour permettre dans le tube extérieur l'effet hydrostatique, mais non l'effet Pitot. Grâce à son poids et à son inertie, ce tube de Pitot suivra les variations de niveau correspondant à celles de la charge et les indications de l'enregistreur n'en seront pas affectées. C'est pour permettre les variations de niveau que l'espace clos E est relié à l'enregistreur par un tube de jonction en caoutchouc.

3. *Enregistrement des vitesses et des espaces parcourus.* — On pourrait faire aboutir le tube de jonction à un simple manomètre à mercure, mais l'enregistrement des hauteurs ne serait pas aisé; celles-ci, étant proportionnelles à H, seraient proportionnelles à $V^2$ et non à V, en sorte que la lecture de la courbe ne permettrait pas la connaissance des espaces parcourus. Voici comment j'ai paré à cette difficulté.

Imaginons un tube cylindrique qui, dans le cas actuel, mesure $6^{cm}$ de diamètre et $15^{cm}$ de haut. Ce cylindre, C (*fig.* 1), ouvert en haut, fermé en bas, se continue en bas par un diverticule D de diamètre plus étroit ($18^{mm}$), d'environ $20^{cm}$ de long et contenant du mercure dans sa moitié inférieure. Dans ce diverticule pénètre, par l'extrémité inférieure, un tube de petit calibre que nous appellerons le tube axial *t* et qui est relié par le tube de jonction à l'espace clos E : le tube axial traverse le mercure et s'ouvre librement à une petite distance au-dessus de son niveau. Ce tube axial est coiffé

par un tube plongeur, P, qui porte le style inscripteur *i* à sa partie supérieure. Ce tube est très mince et d'un diamètre intermédiaire entre le diamètre extérieur du tube axial et le diamètre intérieur du diverticule. Le tube plongeur peut descendre jusqu'au fond du diverticule; en un point situé très peu au-dessus de la terminaison du tube axial, il est muni d'un petit bouchon étanche, *b*; enfin, dans la partie comprise à l'intérieur du




cylindre C il est muni d'un flotteur en paraffine, F, de forme conoïde à base inférieure. On verse alors de l'eau dans le cylindre jusqu'à immerger complètement le flotteur de paraffine, qui doit être calculé de manière que le système qu'il forme avec le tube plongeur ne flotte pas, mais soit capable de s'élever sous la plus minime pression.

Remarquons que l'eau du cylindre a accès dans l'espace *q'* compris entre le tube plongeur et le diverticule, mais qu'elle est empêchée, par l'index de

mercure, de pénétrer dans l'espace $q$ compris entre le tube axial et le tube plongeur.

Les choses étant ainsi disposées, supposons qu'une pression d'air s'établisse dans l'espace E. Cet air aura accès, par le tube axial, dans l'espace situé sous le bouchon $b$, mais ne pourra s'échapper, étant retenu latéralement par la paroi du tube plongeur, en haut par le bouchon $b$ et en bas par le mercure de l'espace $q$.

Cette pression d'air aura un double effet : 1° elle refoulera vers le bas le mercure de l'espace $q$ jusqu'à ce que le niveau du mercure dans l'espace $q'$, ait établi une dénivellation capable de la compenser. La longueur du diverticule est calculée de façon que cette condition soit toujours satisfaite; 2° pressant de bas en haut sur le bouchon $b$, elle soulèvera par son intermédiaire le tube plongeur. Mais, au fur et à mesure de cette ascension, le flotteur F émergera de plus en plus, s'alourdissant du poids d'un cône d'eau égal au volume du cône émergé, jusqu'à faire équilibre à la pression qui le soulève; mais, ce qui est intéressant, c'est que cette hauteur d'émergence, qui se traduit par les ordonnées du graphique, peut être rendue proportionnelle à la vitesse du courant.

Soient, en effet, V la vitesse du courant, H la pression correspondante dans l'espace E, $\varphi$ la hauteur d'émergence du flotteur et $\rho$ le rayon de la section droite déterminée sur le flotteur par le plan d'eau. H sera proportionnel d'une part à $V^2$ et d'autre part à $\varphi\rho^2$. Si l'on taille le flotteur de telle façon qu'en tous ses points $\rho^2$ soit égal à $K\varphi$, on voit que H sera proportionnel d'une part à $V^2$, d'autre part à $\varphi^2$, d'où il résulte que V et $\varphi$ sont proportionnels entre eux.

On voit par là que la génératrice qui, en tournant autour de l'axe, serait susceptible d'engendrer le solide de révolution voulu aurait pour formule analytique, en prenant pour coordonnées l'axe comme abscisse et la perpendiculaire au sommet de la courbe comme ordonnée, $\rho'^2 = K\varphi$. Or, c'est là précisément la formule d'une parabole rapportée aux mêmes axes, K représentant le double de la distance entre la directrice et le foyer.

La courbe génératrice ayant été tracée par points, ou d'un mouvement continu, on peut s'en servir pour établir un gabarit en tôle, dont le bord est rendu tranchant, et qui sert à façonner, de façon adéquate, le flotteur sur le tour.

Nous avons, dans ce qui précède, supposé que le niveau de l'eau restait constant dans le cylindre C, ce qui est facile à obtenir par l'adjonction d'un réservoir à large surface; mais j'ai trouvé plus élégant de supprimer ce

réservoir et de façonner le flotteur de paraffine de façon que sa hauteur d'ascension reste la même que dans le cas précédent, en dépit de l'abaissement du niveau autour de lui.

Si l'on appelle $\varphi$ la hauteur d'ascension vraie du flotteur, $\rho$ le rayon de la section droite du cône soulevé quand le niveau de l'eau est maintenu invariable, $\rho'$ le rayon de la section droite du cône émergé dans le cas où l'eau peut baisser autour de lui, $x$ la hauteur dont l'eau a baissé dans le cylindre et R le rayon de ce cylindre, $\varphi + x$ étant la hauteur d'émergence dans le second cas, on est conduit aux deux formules suivantes :

$$\rho^2\varphi = \rho'^2(\varphi + x) = K\varphi^2$$

et, le volume du cône émergé étant égal au cylindre d'eau de hauteur $x$ et de rayon R,

$$R^2 x = \frac{\rho'^2}{3}(\varphi + x).$$

Sans donner le détail des calculs, notons qu'on obtient

$$x = \frac{K\varphi^2}{3R^2},$$

d'où

$$\rho' = \sqrt{\frac{\varphi}{\frac{1}{K} + \frac{\varphi}{3R^2}}}.$$

Or le flotteur parabolique est construit de telle sorte que K est sensiblement égal à l'unité; $3R^2 = 27$ est aussi une constante de l'appareil.

Ainsi il est facile de calculer $x$ et $\rho'$ pour les diverses valeurs de $\varphi$, qui sont 1, 2, 3, ..., 10 pour 1, 2, 3, ..., 10 nœuds, et d'établir la courbe, comme dans le cas précédent, en substituant $\varphi + x$ à $\varphi$ et $\rho'$ à $\rho$. Le Tableau ci-dessous montre les éléments du calcul :

| Vitesse en nœuds. | $\varphi$ (hauteur vraie de l'ascension). | $\varphi + x$ (hauteur d'émergence). | $\rho'$ (demi-diamètre du flotteur aux points d'émergence $\varphi + x$). |
|---|---|---|---|
| | cm | cm | cm |
| 1............. | 1 | 1,04 | 0,98 |
| 2............. | 2 | 2,14 | 1,36 |
| 3............. | 3 | 3,30 | 1,65 |
| 4............. | 4 | 4,59 | 1,86 |
| 5............. | 5 | 5,92 | 2,05 |
| 6............. | 6 | 7,33 | 2,21 |
| 7............. | 7 | 8,81 | 2,36 |
| 8............. | 8 | 10,37 | 2,48 |
| 9............. | 9 | 12,00 | 2,60 |
| 10............. | 10 | 13,70 | 2,70 |

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydrogénation des alcools par oxydation catalytique sous pression réduite.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Georges Mignonac.**

1. Dans une Communication récente (¹), nous avons fait connaître une méthode générale de préparation des aldéhydes et des cétones basée sur l'oxydation des alcools correspondants par l'air en présence d'un catalyseur, l'argent divisé. Cette méthode, qui donne d'excellents rendements avec des alcools à poids moléculaire peu élevé, est d'une application de plus en plus délicate au fur et à mesure que l'on monte dans les séries. Dans le cas de l'alcool benzylique, le rendement est voisin de 80 pour 100, et il ne dépasse guère 60 pour 100 dans celui de l'alcool cinnamique. On observe, en outre, dans ces deux cas, la formation de goudrons à la surface du catalyseur; au bout d'un certain temps, celui-ci perd de son activité, et il doit être régénéré.

2. Pour rendre la méthode d'une utilisation plus générale, nous avons imaginé une technique nouvelle, qui consiste à traiter les alcools par l'oxygène sous pression réduite. La vapeur de l'alcool à transformer est dirigée, en même temps qu'un courant d'oxygène sous une pression de $20^{mm}$ à $40^{mm}$, sur une masse catalytique identique à celle que nous mettons en œuvre dans la technique précédemment décrite et disposée de la même manière. Cette masse ayant été au préalable portée à une température de 230° à 300°, l'oxydation a lieu immédiatement, avec élévation de la température, que l'on maintient dans les limites convenables par un chauffage extérieur.

Comme dans le cas de l'oxydation par l'air, nous avons reconnu qu'il était avantageux d'opérer en présence d'un excès de vapeur d'alcool. Dans nos différentes expériences, la quantité d'oxygène mise en œuvre était inférieure de 10 à 20 pour 100 à la quantité théorique.

L'alcool benzylique et l'alcool cinnamique, traités suivant cette technique, ont fourni les aldéhydes correspondants avec des rendements compris entre 80 et 90 pour 100. Avec l'alcool caprylique secondaire, nous avons très facilement obtenu la méthyhexylcétone (rendement : 70-80 pour 100), et avec l'alcool dodécylique, l'aldéhyde correspondant (rendement 80 pour 100). De même, le géraniol nous a conduits, sans décomposition sensible, au citral.

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 258.

GÉOLOGIE. — *Les mylonites de la quatrième écaille briançonnaise.* Note de M. **Pierre Termier.**

J'ai décrit autrefois et à diverses reprises [1], sous le nom de *Conglomérats à galets cristallins de l'Eychauda*, un système d'assises bréchiformes où dominent les débris de micaschistes et de roches cristallines diverses, et où l'on trouve aussi des débris, plus rares, de Permien, de Trias et de Lias; système qui a toute épaisseur jusqu'à un maximum d'environ $100^m$ et qui constitue, dans les montagnes de l'Eychauda, non loin du bord oriental du massif du Pelvoux, la base de la *quatrième écaille briançonnaise* [2]. On observe les mêmes brèches, mais moins épaisses, comme sporadiques, et non exclusivement confinées dans la base de l'écaille, au sein d'un autre lambeau de celle-ci, le lambeau de Serre-Chevalier. Enfin, M. Kilian a signalé, en 1898, à l'Alpet, près de Mont-Genèvre, des brèches semblables, associées à des micaschistes et à des roches vertes laminées, qui ne diffèrent point de ceux et de celles de l'Eychauda. Nous n'avons jamais, ni M. Kilian, ni moi, douté de l'identité absolue des brèches de l'Alpet et des brèches de l'Eychauda et de Serre-Chevalier.

Je n'avais pas hésité à attribuer à toutes ces brèches une origine sédimentaire et un âge nummulitique. J'en faisais un faciès spécial et local, un faciès conglomératique et côtier, du Flysch briançonnais; et c'est ainsi que ces prétendus conglomérats sont désignés sur la feuille *Briançon* de la Carte géologique à l'échelle de $\frac{1}{80000}$, et sur ma Carte géologique des Montagnes entre Briançon et Vallouise à l'échelle de $\frac{1}{50000}$. Manière de voir qui entraînait, à mes yeux, cette conséquence fort importante : que les Schistes Lustrés existaient déjà, avec leur métamorphisme profond et intense et leur cortège de roches cristallines, à l'époque où se déposait le Flysch briançonnais, et que, à cette époque, ces Schistes formaient un rivage,

---

(1) De 1895 à 1902; en dernier lieu dans *Les montagnes entre Briançon et Vallouise* (*Mém. de la Carte géologique de la France*), 1903, p. 45 à 52 et p. 111 à 127.

(2) J'ai donné ce nom à un lambeau de recouvrement fragmenté par l'érosion et posé, tout en haut du pays briançonnais, sur un socle formé de trois *écailles* empilées, *digitations*, elles-mêmes, de la grande nappe briançonnaise. Ce lambeau de recouvrement est fait de micaschistes, de roches basiques et, accessoirement, de gneiss, tout cela semblable aux roches de même nature qui, plus à l'Est, accompagnent les Schistes Lustrés.

continental ou insulaire, de la mer nummulitique. Le mélange, dans les prétendus conglomérats, de débris de terrains à faciès briançonnais et de débris de roches cristallines du type de celles de la quatrième écaille, m'induisait aussi à penser que la quatrième écaille n'est pas tout à fait indépendante de son substratum, qu'elle appartient encore au pays briançonnais, et que son charriage, d'ailleurs indéniable, est un charriage de faible amplitude.

Ces conclusions avaient paru très acceptables aux géologues qui, postérieurement à 1898, ont visité la région de l'Eychauda. Seul parmi eux, Jean Boussac, en 1912 ([1]), s'était formellement prononcé pour l'origine lointaine de la quatrième écaille, sans cependant mettre en doute, ni le caractère sédimentaire, ni l'âge nummulitique des brèches en question. Pour lui, la quatrième écaille appartenait à la *nappe de la Dent-Blanche*, d'Émile Argand, et venait du bord sud-oriental du grand géosynclinal des Schistes Lustrés. Et comme, dans la zone des racines de la nappe de la Dent-Blanche, le Lias et le Trias prennent des faciès analogues à ceux qu'ils ont dans la zone des Aiguilles d'Arves et dans le Briançonnais, le caractère briançonnais de quelques-uns des débris renfermés dans les brèches de l'Eychauda et de l'Alpet n'avait, suivant Jean Boussac, rien qui dût nous surprendre.

En relisant la thèse de Jean Boussac, l'idée m'est venue que tout serait encore bien plus clair, et que toute difficulté disparaîtrait, si les *conglomérats à galets cristallins* de l'Eychauda et de l'Alpet n'étaient pas des conglomérats, s'ils étaient des brèches d'origine mécanique, résultant de l'écrasement de la quatrième écaille et du mélange de ses matériaux écrasés avec les matériaux arrachés à son substratum, en un mot s'ils étaient des mylonites. Cette idée ne pouvait, je crois, venir à l'esprit de personne avant 1903. Mais aujourd'hui que les mylonites sont entrées dans la science et que l'importance de leur rôle tectonique n'est plus contestée, la question se pose tout naturellement.

J'ai donc, après vingt ans, revu, au cours du dernier été, les montagnes entre Briançon et Vallouise, et aussi le vallon de l'Alpet. Le résultat de ce nouvel examen a été immédiat et tout à fait décisif : *les prétendus conglomérats de l'Eychauda, de Serre-Chevalier et de l'Alpet, ne sont pas des conglomérats; ce sont des mylonites*. Je ne conserve à cet égard aucun doute, et je

---

([1]) Jean Boussac, *Études stratigraphiques sur le Nummulitique alpin* (*Mém. de la Carte géolog. de la Fr.*), 1912, p. 248 à 257.

ne crois pas que le doute soit maintenant possible. Il n'y a aucune différence essentielle entre ces brèches et celles que j'ai décrites, en 1902, comme *brèches d'écrasement* sur quelques points de la base de la quatrième écaille; la seule différence est dans la grosseur des blocs [1].

*Les brèches de l'Eychauda ne sont pas des sédiments.* La sédimentation ne va jamais sans un certain classement de volume. Même dans un conglomérat, même dans les brèches sédimentaires qui s'intercalent parfois au milieu des formations marines et qui témoignent d'épisodes violents, tectoniques ou séismiques, interrompant brusquement une période tranquille, le dépôt dans l'eau se trahit toujours par quelque régularité dans l'arrangement des débris : on voit, par exemple, des lits de sable fin, ou de petits graviers, séparer les bandes plus troublées et de grain plus gros. Ici, rien de semblable; aucun arrangement des débris; c'est le chaos même : premier caractère des mylonites.

Un deuxième caractère, c'est la discontinuité. Un sédiment se poursuit, dans la surface où il s'est déposé et qui était autrefois un plan horizontal; et, après l'avoir suivi plus ou moins longtemps, on le voit *passer* à un sédiment de nature un peu différente, ou encore se terminer en coin entre deux assises également sédimentaires. La sédimentation, même dans le cas des brèches marines d'origine tectonique ou séismique, ne va pas sans une certaine continuité. Ici, le phénomène est essentiellement discontinu. L'assise bréchiforme *se fond*, pour ainsi dire, dans une assise homogène et non brisée. On ne sait jamais si l'affleurement que l'on touche, et qui est du vrai micaschiste, ne va pas se transformer, tout à côté, en un affleurement de brèche simulant le conglomérat. Il y a vingt ans déjà, j'avais été frappé de la difficulté de tracer un contour, sur la carte, entre les brèches et les terrains de la quatrième écaille; même au col de Méa, où les brèches abondent, les assises cristallines d'apparence homogène sont prépondérantes. J'avais été frappé aussi de ce fait que les brèches réapparaissent, çà et là, en pleine quatrième écaille et loin de la base, sur les pentes de l'Eychauda et de Serre-Chevalier, et que ces réapparitions sporadiques restent toujours locales: je me les expliquais par des replis de l'écaille, mais cette explication

---

(1) Dans mon Mémoire de 1902 (*loc. cit.*, p. 112 à 115), je décris des *brèches d'écrasement*, à grands blocs de Permien, de Trias et de Malm, en un lieu situé au N.-N.-O. et à 800$^{m}$ environ du Sommet de l'Eychauda, sur la rive gauche du vallon du Fangeas. J'appelle le lieu « Butte des Galets », parce que les blocs en question simulent des galets gigantesques. Ces brèches, que j'appellerais aujourd'hui mylonites, sont à la base même de la quatrième écaille.

ne me satisfaisait pas complètement. En réalité, il n'y a pas de limite précise entre les brèches et la quatrième écaille; les brèches, particulièrement abondantes près de la base, reviennent un peu partout; ce sont des *accidents* de la quatrième écaille; ce n'est pas une *entité stratigraphique* distincte des terrains de celle-ci.

Un troisième caractère est tiré de l'étude des débris eux-mêmes et du ciment qui les relie. Je n'ai pas grand'chose à changer à ma description de 1902 en ce qui concerne ciment et débris; mais j'ai eu tort de dire que la plupart des débris sont roulés (*loc. cit.*, p. 46); c'est le contraire qui m'est apparu dans ma dernière étude. Le nombre est vraiment très petit des débris ayant forme de galets; la plupart ont des formes quelconques, avec des contours arrondis et des arêtes émoussées; beaucoup sont à angles vifs, surtout parmi les débris quartzeux, gneissiques ou micaschisteux. Les seuls débris qui prennent, parfois, figure de galets, sont les débris calcaires, triasiques ou liasiques, c'est-à-dire les plus tendres; encore y en a-t-il, parmi eux, qui ont gardé des silhouettes irrégulières. Quant au ciment, ce devrait être un sable, si la brèche était sédimentaire; ce n'est pas du tout un sable; c'est, le plus souvent, une sorte de pâte, ou de purée, *d'allure fluidale*, faite de micaschiste écrasé, et qui se moule comme une matière plastique autour des débris, et qui, même, les injecte et s'insinue dans leurs fissures. Cette pâte de micaschiste écrasé est souvent colorée en rouge vif par de l'oxyde de fer.

Un quatrième caractère, qui m'avait frappé, mais que je n'avais pas su interpréter convenablement, est le *laminage général* de toute l'écaille, brèches comprises. Ce laminage est très intense et se manifeste, un peu partout, par les phénomènes habituels : surfaces de friction, onduleuses et miroitantes; disposition lenticulaire des bancs; tronçonnement des cristaux. A la « Butte des Galets », le laminage se lie à l'écrasement de façon évidente; mais ailleurs, il n'est guère moindre et, à le regarder de plus près, sa liaison avec la naissance des brèches n'est pas contestable.

A l'Alpet, la nature mylonitique des brèches est encore plus palpable qu'à l'Eychauda, à cause, sans doute, de la dureté plus grande du substratum. Tandis que, dans les montagnes entre Briançon et Vallouise, la quatrième écaille repose habituellement sur les schistes et grès tendres du Flysch, les micaschistes et autres roches cristallines de l'Alpet reposent sur des calcaires du Trias, durs et cassants. On voit, sur l'arête même du col de l'Alpet, des mylonites de ces calcaires, de couleur grise, et d'autres mylonites, de couleur jaune, qui sont des cargneules à débris de

micaschistes; un peu plus au Sud, près de la fontaine, affleurent des mylonites où les morceaux de micaschistes et les débris triasiques sont en proportions comparables; puis viennent les brèches à débris cristallins, où le débris triasique est rare, et qui sont identiques à celles de l'Eychauda. On a donc ici tous les passages entre Trias mylonitique et terrain cristallin mylonitique; et cette zone écrasée sépare, du Trias d'apparence autochtone, le lambeau cristallin qui est, de toute évidence, un lambeau de recouvrement.

Cet *erratum* à mes Notes et Mémoires d'il y a vingt ans et aux deux cartes géologiques, citées plus haut, de la région briançonnaise, cet *erratum*, dis-je, était très nécessaire, en raison de la grande importance de la quatrième écaille pour quiconque veut bien comprendre l'histoire du Briançonnais. Rien, désormais, ne s'oppose plus à ce que la quatrième écaille ait une origine lointaine, comme le voulait Jean Boussac, et comme je l'avais, moi-même, pensé dans les premières années de mon étude. Rien, dans cette écaille, ne ressemble aux terrains de son substratum; elle est séparée de son substratum par une épaisseur, plus ou moins grande, pouvant aller à $100^m$, de mylonites où se mélangent ses propres roches cristallines et les débris arrachés, par le charriage, aux terrains sur lesquels elle est passée; elle vient de loin, *d'une région italienne où tout est cristallin*, sans que l'on puisse préciser davantage par la seule considération des phénomènes observés à l'Eychauda, à Serre-Chevalier ou à l'Alpet; enfin, comme les brèches de sa base sont des mylonites, et non plus des sédiments d'âge nummulitique, elles ne nous apprennent plus rien sur l'âge du métamorphisme et nous n'avons plus le droit de dire que les Schistes Lustrés, par exemple, étaient déjà métamorphiques quand se déposaient les grès et les schistes du Nummulitique briançonnais.

M. **Ch. Depéret**, en son nom et en celui de M. **F. Roman**, fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Le* Felsinotherium Serresi *des sables pliocènes de Montpellier et les rameaux phylitiques des siréniens fossiles de l'ancien monde.*

## NOMINATIONS.

M. **G. Bigourdan** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument érigé en mémoire de **J. Janssen**, près de l'Observatoire de Meudon, le dimanche 31 octobre.

## CORRESPONDANCE.

M. G. Raymond adresse un rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée, en 1919, sur la *fondation Loutreuil.*

M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de M. *Daniel-Pauline Œhlert*, Correspondant de l'Académie pour la Section de Minéralogie, décédé à Laval, le 17 septembre 1920.

M. Jean Strohl, professeur de Zoologie à l'Université de Zurich; M. Davidoff, directeur de la Station zoologique de Villefranche-sur-Mer, adressent des télégrammes de condoléances à l'occasion du décès de M. *Yves Delage.*

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces de la Correspondance :

1° Un rapport autographié de MM. Bouygues et Henri Devaux : *De la valeur du fluorure de sodium comme antiseptique pour la conservation des traverses*. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

2° Un Mémoire de MM. Lucien Mayet et Jean Pissot intitulé : *Abri sous roche préhistorique de la Colombière, près Poncin (Ain)*. (Présenté par M. Ch. Depéret.)

3° *Mission du Service géographique de l'Armée pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud, sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences* (1899-1906), fascicule 2, tome 10 (Opiliones, Diptères, Myriapodes, etc.).

M. Orticoni adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Énumération et constitution des corps abéliens quelconques*. Note de M. A. Chatelet.

Il m'avait semblé naturel de commencer l'étude des corps abéliens par ceux dont le degré est premier; entre autres simplifications, ils ont l'avan-

tage d'avoir un groupe *cyclique*. J'ai pu ainsi obtenir une énumération complète de ces corps et des renseignements précis sur leur constitution [1]. Mais la difficulté d'énoncer simplement ces premiers résultats me faisait craindre une complication plus grande pour le cas général des corps abéliens. C'est le phénomène inverse qui a lieu et ceci tient à ce que, contrairement à ce que j'avais cru *a priori*, la classification et la constitution des corps abéliens s'obtiennent plus naturellement par la considération des facteurs du discriminant que par la donnée du degré. Les propriétés que j'ai ainsi obtenues comprennent celles que j'ai déjà signalées pour les degrés premiers (*loc. cit.*) et même les éclairent à certains points de vue.

1. J'indique d'abord comment, à partir de corps abéliens donnés, on peut en constituer d'autres, par une véritable opération qu'il est naturel d'appeler *composition*. Soient deux corps abéliens A et B, de degrés $m$ et $n$, de groupes [A] et [B]; considérons deux sous-groupes respectifs de [A], [B], soient [M] et [N], qui soient *holoédriquement isomorphes*, par suite de même *ordre p* diviseur commun de $m$, $n$. On peut toujours prendre pour [M] et [N] le groupe [1] composé de la seule substitution identique; c'est même le seul cas possible si $m$ et $n$ sont premiers entre eux ($p = 1$). Dans un cas, pour ainsi dire opposé, si [A] et [B] sont holoédriquement isomorphes ($m = n$), on peut prendre [M] et [N] confondus avec [A] et [B].

Soient alors $m_i(x)$ et $n_i(x)$ les substitutions *correspondantes* des groupes [M] et [N], et $\alpha$, $\beta$ des nombres primitifs des corps A et B. Formons

$$\gamma = \sum_i m_i(\alpha) n_i(\beta),$$

c'est évidemment un nombre algébrique abélien, dont on obtient les conjugués, en remplaçant $\alpha$, $\beta$ par leurs conjugués respectifs de toutes les façons possibles; on vérifie immédiatement qu'on n'obtient ainsi qu'au plus $\frac{mn}{p}$ valeurs différentes. Le nombre $\gamma$ sera dit composé des nombres $\alpha$, $\beta$ et le corps C qu'il définit composé des corps A et B, suivant les sous-groupes isomorphes [M] et [N]. En faisant varier la correspondance des substances des groupes on obtient $p'$ corps C, $p'$ étant le nombre d'isomorphies distinctes des groupes [M] et [N] ou encore du groupe [M] avec lui-même ($p'$ est au plus égal à $p$).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 651.

Dans le cas $M = N = 1$, cette composition coïncide avec la composition définie par M. Hilbert dans son Rapport [1] et qui consiste à prendre seulement $\gamma = \alpha\beta$, soit encore à prendre pour C le corps défini par tous les nombres de A et B. Mais les propriétés données par M. Hilbert (th. 87 et 88) sont encore vraies, *mutatis mutandis*, pour le mode de composition plus générale que je viens de définir : si les *discriminants* $a$ et $b$ de A et B sont *premiers entre eux*, les $p'$ corps C sont différents, chacun d'eux est effectivement de degré $\frac{mn}{p}$, on en obtient une base des entiers en composant respectivement les entiers de deux bases de A et B, enfin le discriminant $c$ est

$$c = (a)^{\frac{n}{p}}.(b)^{\frac{m}{p}}.$$

2. On peut alors énoncer le résultat assez simple : *tout corps abélien résulte de la composition de corps abéliens simples, dont les discriminants sont des puissances de nombres premiers différents.*

Je crois encore exact, sans toutefois l'avoir établi de façon entièrement rigoureuse, que chaque corps n'est ainsi obtenu que d'une seule façon.

3. Au sujet de ces corps abéliens simples, je me contenterai d'indiquer ici qu'ils sont constitués par tous les sous-corps des corps des *racines* $(p^h)^{\text{ièmes}}$ de l'unité, $p$ premier. On en déduit assez aisément le *degré* $mp^{h-1}$, si $p$ est impair ($m$ diviseur quelconque de $p-1$), $2^{h-1}$ ou $2^{h-2}$ si $p = 2$; une base des entiers et le discriminant (si $h = 1$, la base est normale et le discriminant est $p^{m-1}$, $p$ impair). Leurs groupes sont *cycliques*, sauf pour le corps des racines $(2^h)^{\text{ièmes}}$ de l'unité, pour lequel le groupe est isomorphe du groupe des nombres $(-1)^x.5^y$, définis *module* $2^h$.

4. Pour étudier la décomposition d'un nombre premier $q$ dans un corps abélien K, il suffit d'étudier ce nombre $q$ dans chacun des corps composants de K : $P_1, P_2, \ldots$ sous-corps des corps de racines $(p_1^{h_1}, p_2^{h_2}, \ldots)^{\text{ièmes}}$ de l'unité ($p_1, p_2, \ldots$ nombres premiers différents). On obtient ainsi des *caractères* (racines de l'unité) analogues au symbole de Legendre, dans chacun de ces corps, et leur produit donne le caractère du nombre $q$ dans le corps considéré.

Il est alors facile d'en déduire que *si $q$ se décompose d'une certaine façon dans le corps* K, *il en est de même de tout nombre premier congru à $q$ suivant le module*

$$\Delta = p_1^{h_1} p_2^{h_2} \ldots.$$

---

[1] *Théorie des corps de nombres algébriques* (traduction Lévy et Got), Chap. XIII, p. 90.

Cette propriété [1] généralise la propriété arithmétique indiquée dans ma Note citée sur les corps de degré premier.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la possibilité d'étendre l'homéomorphie de deux figures à leur voisinage*. Note de M. L. ANTOINE.

Soient F et $f$ deux figures homéomorphes situées dans des espaces E et $e$ ayant le même nombre $n$ de dimensions. Est-il possible d'étendre cette homéomorphie à leurs voisinages? J'entends par là : est-il possible de déterminer deux figures $F_1$, $f_1$ homéomorphes, telles que F et $f$ se correspondent dans leur homéomorphie, chaque point de F (et de $f$) étant centre d'une hypersphère à $n-1$ dimensions, de rayon non nul, dont tout l'intérieur appartienne à $F_1$ (ou à $f_1$)? S'il est impossible de déterminer $F_1$ et $f_1$, je dis que F et $f$ sont homéomorphes en elles-mêmes. Voici quelques résultats relatifs aux courbes de Jordan sans points multiples et aux ensembles parfaits discontinus bornés. Ils mettent en évidence certaines singularités de l'espace à trois dimensions.

I. La correspondance entre deux courbes de Jordan planes (toutes deux ouvertes ou toutes deux fermées) peut s'étendre à la totalité de leurs plans au moyen d'une infinité dénombrable de correspondances homographiques.

Cette propriété ne se généralise pas à l'espace à trois dimensions. En effet, C étant une courbe de Jordan fermée tracée sur un tore, soient $\alpha$ et $\beta$ ses coefficients d'enlacement avec l'axe et le lieu des centres des méridiens de ce tore. $\alpha$ et $\beta$ sont premiers entre eux et si l'un de ces nombres est nul, l'autre est 0 ou 1. La correspondance entre C et un cercle $c$ peut s'étendre à leurs voisinages. Pour qu'elle puisse s'étendre à tout l'espace, il faut et il suffit que l'un des nombres $\alpha$ et $\beta$ soit égal à zéro ou à 1. $\alpha$ et $\beta$ n'étant pas nuls, je peux me borner à la courbe C′ (dont l'homéomorphie avec C peut s'étendre à tout l'espace), qui a pour équations en coordonnées semi-polaires

$$(C') \qquad \rho = R + r\cos\frac{\beta}{\alpha}\omega, \qquad z = r\sin\frac{\beta}{\alpha}\omega \qquad (R > r).$$

Or, si C′ est, comme $c$, frontière d'une calotte simplement connexe sans points multiples, l'un des deux nombres $\alpha$, $\beta$ est égal à 1.

---

[1] Au Congrès des Mathématiciens de Strasbourg, j'ai montré qu'on pouvait en donner un énoncé arithmétique, indépendant de la terminologie des corps algébriques.

$\alpha$ et $\beta$ étant au moins égaux à 2, je marque sur C′ les deux points A′ et A″ définis par $\frac{\pi}{2} = \frac{\beta}{\alpha}\omega'$ et $2\beta\pi - \frac{\pi}{2} = \frac{\beta}{\alpha}\omega''$. Je marque sur l'axe des $z$ les points M de cote $m > R + r$, $M_1$ de cote $-m$, S de cote $-3m$ et N de cote inférieure à $-3m$. J'appelle $\Gamma$ l'arc $MM_1$ comprenant les deux segments rectilignes MA′ et $A''M_1$ et l'arc $\omega' < \omega > \omega''$ de C′. Soit $\Gamma_n$ l'homothétique de $\Gamma$ par rapport à S dans le rapport $\left(\frac{1}{2}\right)^n$ $(n = 1, 2, 3, \ldots)$. Soit enfin $\Gamma'$ l'arc de Jordan, somme des arcs $\Gamma_n$ et du segment rectiligne SN. $\Gamma'$ et un segment de droite sont homéomorphes en eux-mêmes. Si la correspondance pouvait s'étendre, il y aurait une calotte simplement connexe dont la frontière serait la somme d'un des arcs $\Gamma_n$ et d'un arc extérieur à la sphère de diamètre $M_n M_{n+1}$, sphère qui contient à son intérieur tout l'arc $\Gamma_n$. Il y aurait donc aussi une calotte simplement connexe ayant C′ pour frontière, ce qui est impossible.

De même, un cercle et une courbe de Jordan fermée sans points multiples, dont $\Gamma'$ est un arc, sont homéomorphes en eux-mêmes.

II. A tout ensemble fermé partout discontinu borné de l'espace $E_n$, je peux attacher une infinité dénombrable de variétés V fermées, à $n - 1$ dimensions (que j'appelle variétés de définition de l'ensemble), telles que l'ensemble coïncide avec l'ensemble des points qui sont intérieurs à une infinité des variétés V. En outre, ces variétés V, groupées en variétés d'ordres numérotés 1, 2, 3, ..., $\lambda$, ..., ont les propriétés suivantes :

*a.* Quel que soit $\lambda$, les variétés d'ordre $\lambda$ sont en nombre fini et sont extérieures les unes aux autres.

*b.* Toute variété d'ordre $\lambda + 1$ est intérieure à une variété d'ordre $\lambda$ et, à l'intérieur de chaque variété d'ordre $\lambda$, il y a au moins une variété d'ordre $\lambda + 1$ (au moins deux, s'il s'agit d'un ensemble parfait).

*c.* Le diamètre maximum des variétés d'ordre $\lambda$ tend vers zéro quand $\lambda$ augmente indéfiniment.

Ceci résulte de ce que, étant donnés un ensemble fermé discontinu et deux variétés $S_1 S_2$ ($S_2$ intérieure à $S_1$), on peut déterminer une variété polygonale d'un nombre fini de sommets ne coupant pas l'ensemble, intérieure à $S_1$ et ayant $S_2$ à son intérieur. Donc, on peut prendre pour variétés V des variétés polygonales dont chacune a un nombre fini de sommets.

Il en résulte que [1] :

---

[1] Cf. DENJOY, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 1048, et t. 151, 1910, p. 138.

1° Tout ensemble fermé discontinu borné est situé sur un arc de Jordan et, en particulier, sur une ligne polygonale ayant une infinité dénombrable de sommets dont l'ensemble a pour dérivé l'ensemble discontinu donné.

2° Deux ensembles parfaits discontinus bornés sont homéomorphes. Si ces deux ensembles sont plans, on peut étendre leur correspondance à la totalité de leurs plans au moyen d'une infinité dénombrable de correspondances homographiques.

Voici un exemple de deux ensembles parfaits partout discontinus P et $p$ de l'espace à trois dimensions qui sont homéomorphes en eux-mêmes. Les variétés de définition de P sont des tores; il y a un seul tore d'ordre 1; à l'intérieur de chaque tore d'ordre $\lambda$, il y a $k$ tores d'ordre $\lambda+1$ enlacés comme les anneaux d'une chaîne fermée entourant l'axe du tore d'ordre $\lambda$. Les variétés de définition de $p$ sont des sphères ayant leurs centres en ligne droite; il y a une seule sphère d'ordre 1, et à l'intérieur de chaque sphère d'ordre $\lambda$, il y a $k$ sphères d'ordre $\lambda+1$.

La correspondance entre P et $p$ ne peut pas s'étendre à leurs voisinages en vertu du théorème suivant :

*Théorème.* — Toute surface simplement connexe $\Sigma$ qui a des points de P dans chacune de ses deux régions coupe P. Si $\Sigma$ ne coupait pas P, il y aurait un ordre $\lambda$ tel que $\Sigma$ ne couperait aucun des tores d'ordre $\lambda$ et en aurait dans chacune de ses régions. Par réductions successives, on en déduirait deux courbes enlacées dont l'une serait intérieure et l'autre extérieure à une surface simplement connexe, ce qui est impossible.

Un segment de droite et l'arc de Jordan qui contient P fournissent un nouvel exemple de deux courbes homéomorphes en elles-mêmes.

On peut en déduire deux ensembles discontinus (et par suite deux arcs de Jordan) dont la correspondance peut s'étendre à leurs voisinages et pas à tout l'espace. Chacun de ces ensembles $P_1$ $P_2$ est la somme de deux ensembles égaux à P. Les deux tores d'ordre 1 de $P_1$ sont enlacés; les deux tores d'ordre 1 de $P_2$ ne sont pas enlacés.

Le théorème énoncé ci-dessus a une allure paradoxale. Il est équivalent au suivant : P est coupé (l'ensemble des points d'intersection à la puissance du continu) par toute calotte simplement connexe sans points multiples dont la frontière est une courbe de Jordan extérieure à un des tores de définition de P et enlacée avec le lieu des centres des méridiens de ce tore.

MÉCANIQUE ET CHRONOMÉTRIE. — *Les frottements et l'isochronisme.* Note de M. JULES ANDRADE.

On doit à Villarceau cette remarque précieuse pour l'horlogerie :

Un frottement constant n'altère point l'isochronisme sinusoïdal, il ne fait que décaler le point mort apparent ou le centre de la vibration et le mouvement vibratoire s'arrête quand la borne finale d'une oscillation pénètre à l'intérieur d'une petite zone dont le point mort véritable est le milieu.

Dans un ordre d'idées un peu différent, voici un théorème qui m'a rendu de grands services pour l'étude mécanique du réglage et que je crois utile de mentionner malgré sa très grande simplicité.

Envisageons un mouvement pendulaire simple troublé par une résistance proportionnelle à la valeur arithmétique ou absolue de l'écart au point mort; en d'autres termes, en désignant celui-ci par $u$ nous envisageons le mouvement

$$\frac{d^2u}{dt^2} = -K^2u - K^2\psi\varepsilon|u|, \tag{1}$$

où $\psi$ est un coefficient de frottement, et où $\varepsilon = \pm 1$ a le signe de $\frac{du}{dt}$.

Ce mouvement oscillatoire est amorti d'une manière spéciale, les valeurs absolues des semi-amplitudes décroissent en progression géométrique dont la raison est $\frac{1-\psi}{1+\psi}$; la moitié ascendante d'une oscillation a pour durée $\frac{\pi}{2K}(1-\psi)^{-\frac{1}{2}}$; la moitié descendante de la même oscillation est $\frac{\pi}{2K}(1+\psi)^{-\frac{1}{2}}$, la durée d'une oscillation simple complète est

$$\frac{\pi}{2K}\left[(1-\psi)^{-\frac{1}{2}} + (1+\psi)^{-\frac{1}{2}}\right] = \frac{\pi}{K}\left[1 + \frac{3}{8}\psi^2 + \ldots\right].$$

Il y a isochronisme rigoureux à l'égard de l'arbitraire de l'amplitude, mais cette durée croît avec $\psi$.

Cette remarque a d'importantes conséquences chronométriques.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les ondes de choc, leur réfraction et leur mirage à l'intérieur d'un courant d'air.* Note de M. **Ch. Dévé**, présentée par M. Sebert.

Les photographies de projectiles en mouvement révèlent les ondes de choc principales, mais elles sont à trop petite échelle pour renseigner sur les ondes de choc secondaires. Au contraire, les projectiles immobiles placés dans le courant d'air d'une soufflerie puissante peuvent être photographiés à plus grande échelle; ils donnent, avec les ondes de choc principales, une multitude d'ondes de choc secondaires faciles à photographier, puisqu'elles sont stationnaires; ces ondes fournissent des renseignements très utiles, mais les clichés étant encombrés de nombreuses ondes étrangères au projectile, leur interprétation paraît délicate.

Ayant été appelé à examiner un grand nombre de photographies de projectiles placés dans un vent de 450 m : s environ, sortant par une tuyère d'un réservoir d'air comprimé, j'ai été amené à formuler un certain nombre de propositions, qui paraissent expliquer la plupart des particularités des différentes ondes de choc.

1° Une onde de choc est engendrée en tout point où se produit une brusque variation de pression soit par compression, soit par dépression (ressauts, naissance de l'ogive, culot du projectile, etc., angles et bords de la tuyère).

2° En un point d'une onde, la direction de cette onde dépend de la direction des filets de courant et de leur vitesse relative en ce point. Ainsi, l'onde de queue tourne sa concavité vers l'avant, car les filets d'air convergent vers le vide du culot; par suite du ralentissement du courant au contact d'un obstacle, l'onde, près de cet obstacle, tourne sa concavité vers l'arrière, et d'autant plus que le frottement et l'entraînement de l'air (c'est-à-dire la résistance de la région considérée) sont grands.

3° Pour les vitesses supérieures à celles du son, l'air paraît « brouter » sur la surface lisse d'une ogive, et de très nombreuses ondes élémentaires s'attachent à cette surface comme si elle était striée de traits de tour. En conséquence de la proposition 2°, *toute onde élémentaire qui arrive sans fléchissement jusqu'au contact du projectile indique un point de ce projectile qui n'offre à l'air qu'une résistance très petite.*

4° Les ondes produites par une brusque dépression (onde de queue par exemple) s'attachent, non pas au point où se produit la dépression, mais au

point où se produit le choc en retour de l'air venant combler la dépression (recul d'une demi-longueur d'onde).

5° Si une onde pouvait passer sans transition dans un courant d'air de vitesse relative V, et y entrer sous l'incidence $i$, $a$ étant la vitesse du son, elle se réfracterait sous l'angle $r$, tel que

$$\frac{1}{\sin r} - \frac{1}{\sin i} = \frac{V}{a}.$$

6° Cette formule donne les conditions de la réflexion totale; elle montre que, pour une onde née à l'intérieur d'un courant, la réflexion sous un certain angle serait totale sur la surface enveloppe du courant, tandis qu'une onde née à l'extérieur pourrait pénétrer dans le courant sous toutes les incidences. Ainsi, une onde de choc née à l'intérieur d'un cyclône de $30^m$ à $40^m$ de vitesse n'en pourrait sortir sous une incidence supérieure à environ 65°.

En réalité, il y a toujours une zone de transition entre deux milieux fluides animés de vitesses différentes; dès lors, la surface d'onde se modifie par l'effet de la réfraction, et, au phénomène de réflexion, se substitue un phénomène de mirage acoustique.

Si l'on appelle « surface de mirage » le lieu des points où les ondes de choc nées dans un courant d'air sont normales aux filets de courant, ou, ce qui revient au même, le lieu des points où la vitesse d'un filet d'air passe par la valeur de la vitesse du son, le phénomène du mirage des ondes de choc peut se définir ainsi : *Dans l'intérieur d'un courant d'air, une onde de choc rencontrant la surface de mirage, se réfléchit sur le filet de courant qui traverse la surface de mirage en cet endroit.*

Il est à remarquer que cette règle découle de la première proposition énoncée plus haut; en effet, l'onde de choc, en atteignant la surface de mirage, cesse brusquement; il y a donc, en ce point, une variation de pression qui engendre, dans le premier milieu, une nouvelle onde de choc dont l'axe est le filet d'air passant par le point considéré; cette nouvelle onde est l'onde de choc réfléchie.

Il résulte de ce phénomène que les photographies d'un violent courant d'air sont quadrillées de nombreuses ondes coniques à deux nappes issues de la tuyère, qui se réfléchissent plusieurs fois en rencontrant la surface de mirage; au contact de cette surface, ces ondes directes et réfléchies se présentent généralement en forme de toits de pagode. A mesure que la vitesse du courant se ralentit, les ondes coniques s'aplatissent en accordéon

et semblent rentrer dans la tuyère. On a pu cinématographier le phénomène.

Les ondes issues du projectile se réfléchissent comme les ondes de tuyère, sauf dans le voisinage immédiat du projectile. On constate, en effet, sur les photographies, que l'onde de tête, bien qu'elle s'accuse par un trait noir plus fort que les autres, ne se réfléchit pas, quand elle est encore dans sa partie courbe, au point où elle rencontre la surface de mirage. Voici comment peut s'expliquer cette anomalie.

L'air est en quelque sorte embouti entre le front de l'onde de tête et le projectile; toute la partie arrondie du front de l'onde autour de son sommet limite une zone d'air comprimé et plus ou moins entraîné ou dévié.

Si donc l'onde de tête, dans sa partie arrondie, rencontre la surface de mirage, l'air comprimé qu'elle retient s'épanche, comme l'eau s'échappe d'une digue rompue. De fait, sur les photographies, l'onde de tête semble éclater aux points où elle rencontre la surface de mirage, si cette rencontre se produit tout près du projectile, et l'on aperçoit toujours à cet endroit une brusque expansion des filets d'air; littéralement, la surface réfléchissante (surface des filets d'air) est brisée et coudée au point où devrait se produire la réflexion de l'onde de tête. L'expansion latérale des filets d'air produits par la rupture de l'onde de tête diminue certainement la pression totale exercée par le courant sur le projectile. Cette considération me conduit à formuler la proposition suivante :

7° Lorsqu'on veut mesurer à l'aide d'un manomètre la pression exercée par un courant d'air, sur un projectile, le chiffre relevé est erroné par défaut lorsque l'onde de tête se réfléchit mal au contact de la surface de mirage; dans ce cas, le projectile essayé est trop gros pour le courant d'air. Il convient donc de prendre une photographie, en même temps qu'on mesure la pression. Les essais photographiques préalables sont un moyen sûr de déterminer le calibre maximum des projectiles qu'on peut essayer dans un courant d'air donné.

Les ondes de choc sont plus faciles à observer et à enregistrer que les phénomènes dynamiques qui les produisent; elles constituent de précieux témoins, qui révèlent les états locaux du courant d'air. Grâce à elles, les études aérodynamiques deviennent plus aisées, dès qu'on peut opérer dans un vent d'une vitesse supérieure à celle du son.

NAVIGATION PHYSIQUE. — *Nouveau procédé de navigation permettant à tout navire d'entrer sans risques dans nos ports et d'en sortir quand les moyens habituels de repérer ses routes lui font défaut.* Note de M. **W.-A. Loth**, présentée par M. F.-R. Fournier.

1. C'est dans le but d'affranchir les bâtiments de guerre et de commerce des dangers que présente leur entrée dans nos ports du Nord et de l'Océan, qu'à la suite de recherches de laboratoire, en 1914 et 1915, et après des expériences nombreuses et concluantes en rade de Brest, de juillet à septembre 1919, j'ai demandé et obtenu du Ministre de la Marine, que l'on poursuive des expériences sur une grande échelle au large de Brest, pour l'étude complète et l'emploi pratique d'un nouveau procédé. Ces expériences ont été faites sous la direction du capitaine de vaisseau Audouard et du capitaine de frégate Floch dont la constante collaboration m'a été des plus précieuses. C'est ainsi que l'on a pu résoudre cet important problème des dispositions pratiques à prendre, de part et d'autre, pour permettre à tout navire d'entrer dans nos ports, dans le cas même où il ne trouverait pas, en s'y présentant, les moyens habituels de repérage de ses routes, nécessaires pour franchir les passes en sécurité. Ces dispositions comportent naturellement, pour le cas de guerre, des modifications tenues secrètes, qui empêchent l'ennemi de les utiliser.

2. Cette solution repose sur les dispositions suivantes : immerger sur le fond du chenal à suivre pour gagner les ports, un câble armé parcouru par un courant alternatif à fréquence musicale, de 2,5 *ampères seulement*. Ce courant crée dans l'espace environnant un champ magnétique de même période, dont les lignes de force, complexes, mais nettement définies après de laborieuses recherches et de nombreuses expériences, soit en mer, soit en rade, sont dans des plans *perpendiculaires au câble inducteur*.

Les installations à bord comprennent deux cadres verticaux en bois, de $2^{m},50 \times 1^{m}$, récepteurs des courants induits par le champ magnétique du câble. Chacun de ces cadres est à deux enroulements : le premier [T (60 spires), $t$ (10 spires)] orienté *transversalement* au plan longitudinal du navire et le second [L (60 spires) et $l$ (10 spires)] orienté *suivant* le plan longitudinal. Des communications téléphoniques, entre ces cadres et le poste d'écoute sur la passerelle, permettent d'y percevoir, à plus de $2000^{m}$, les sons musicaux provenant des courants induits dans ces cadres par le champ magnétique

variable du câble-guide. Les courants amplifiés (avec accord ou non) sont reçus par des téléphones (accordés ou non). Quand le navire se rapproche du câble-guide *perpendiculairement* à lui, les réceptions de T et *t* augmentent, celles de L et *l* restent insensibles. L'inverse a lieu pour une direction du navire *parallèle* au câble. Enfin, deux cadres *horizontaux* ($2^m,50 \times 1^m$), l'un à tribord, l'autre à babord, aussi écartés et élevés que possible, reçoivent les courants induits et donnent, à l'écoute, des sons musicaux perceptibles à $600^m$, étant donnée la forme du champ. Le plus rapproché du câble-guide ayant une réception plus intense, on distingue *très nettement* de quel côté de ce câble se tient le navire, lorsqu'il court parallèlement à lui.

3. Cette description, nécessairement sommaire, fait comprendre comment un navire arrivant du large et partant de son point estimé, corrigé par la sonde ou autrement, peut trouver la partie la plus en dehors du câble-guide. Pour cela, il court d'abord perpendiculairement à la direction de ce câble tracée sur la carte, en écoutant sur T, et une fois le contact pris sur *t*, il lui suffit de tourner de 90° vers le port pour suivre le câble à bonne distance de sécurité, parallèlement à sa direction, en s'en maintenant (à écoute constante) sur *l*, de manière à garder toujours la droite du câble, en laissant ainsi l'autre côté libre pour les navires suivant la route opposée.

4. Sur les sous-marins le dispositif peut être plus rudimentaire encore.

5. D'après des expériences récentes, dirigeables et hydravions pourraient suivre dans des conditions analogues un câble-guide immergé, d'un port à un autre. Les portées de réception à $200^m$ d'altitude donnant une zone d'écoute de $3200^m$ de large.

6. Des routes aériennes semblables (analogues à une ligne télégraphique) pourraient être suivies par les dirigeables et les avions, sans aucune visibilité. On a reconnu qu'avec un ballon à $600^m$ d'altitude, on a une zone d'écoute de $10^{km}$ de large.

7. Avec ce procédé, une seule personne non spécialisée suffit à la conduite d'un bâtiment quelconque. La preuve en a été faite à Brest sur une canonnière de $400^{tx}$, *La Belliqueuse*, sous les yeux du Ministre de la Marine, et sur *La Gloire*, cuirassé de $10000^{tx}$.

L'installation du port de Brest va être entreprise. Son câble-guide aura $80^{km}$ de long et couvrira tous les dangers d'Ouessant et des Pierres Noires, son extrémité allant jusque dans les fonds de $100^m$ où il donne l'entrée en Manche.

Des installations semblables sont envisagées pour d'autres ports.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application d'une nouvelle méthode de volumétrie physico-chimique.* Note [1] de M. **René Dubrisay**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La méthode d'analyse physico-chimique qui a fait l'objet de précédentes Communications [2] se prête à des recherches d'acidimétrie. J'ai étudié, en particulier, la neutralisation par la soude des acides chlorhydrique et sulfurique.

A $10^{cm^3}$ de solution d'acide normal, j'ajoute des proportions variables de soude normale et le mélange est dilué à $200^{cm^3}$ au moyen d'eau distillée. Un volume fixe des liqueurs obtenues est mis en présence d'un égal volume de phénol et je détermine, par la méthode antérieurement indiquée, la température de miscibilité de cet ensemble. Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant.

Tableau I.

| | | |
|---|---|---|
| Composition du liquide aqueux | Solution normale d'acide... | $10^{cm^3}$ |
| | Solution normale de soude. | $x$ |
| | Eau | $200 - 10 - x$ |

| Acide sulfurique. | | Acide chlorhydrique. | |
|---|---|---|---|
| $x$. | T. | $x$. | T. |
| 0 | 68°,30 | 0 | 68°,30 |
| 2 | 68,70 | 4 | 68,80 |
| 4 | 69,30 | 8 | 69,20 |
| 6 | 70,00 | 10 | 69,40 |
| 8 | 70,80 | 12 | 69,10 |
| 10 | 71,80 | | |
| 12 | 71,40 | | |

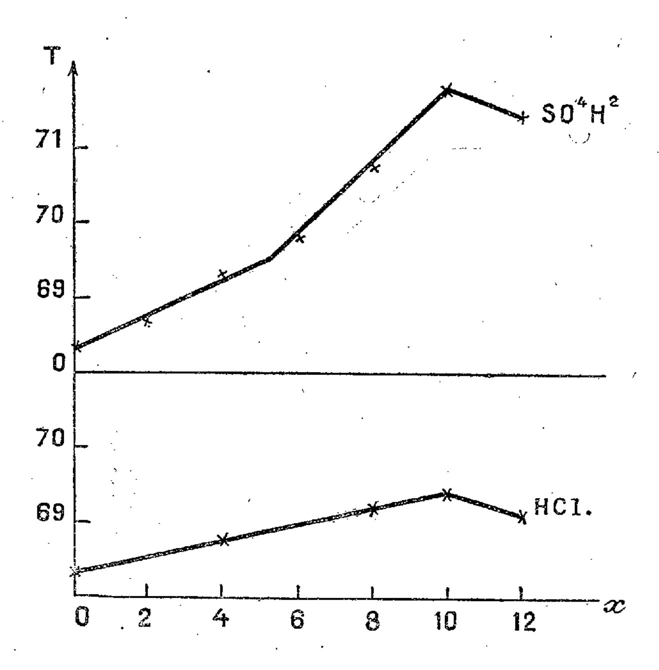
Si l'on représente graphiquement ces résultats (*fig.* 1), on obtient très approximativement pour l'acide chlorhydrique une droite brisée au point de saturation. Pour l'acide sulfurique, on observe deux points anguleux correspondant, le premier à l'addition d'une molécule NaOH pour une molécule $SO^4H^2$, le second à la neutralisation totale de l'acide. Ce fait, que j'ai vérifié en faisant varier les dilutions des liqueurs, mérite d'être retenu :

---

(1) Séance du 4 octobre 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 1036; t. 168, 1919, p. 56, t. 170, 1920, p. 1582.

on n'avait observé, en effet, aucun point anguleux correspondant au sulfate acide en traçant la courbe de neutralisation de l'acide sulfurique soit par la




méthode des conductibilités électriques (Miolatti et Masutti), soit par la cryoscopie (Cornec).

Pour confirmer ce résultat, j'ai étudié le système acide sulfurique-sulfate de soude comme j'avais fait pour les mélanges de sulfates [1], c'est-à-dire que j'ai mêlé en proportions variables des solutions à même titre moléculaire de sulfate de soude et d'acide sulfurique et déterminé la miscibilité de ces liqueurs avec le phénol. J'ai inscrit dans le Tableau suivant les températures observées et les températures calculées en fonction de deux d'entre elles par la règle d'additivité.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1582.

TABLEAU II.

Mélange de liqueurs à $\frac{1}{10}$ de molécule par litre d'acide sulfurique et de sulfate neutre de sodium.

$x$ = volume de solution acide.

$100 - x$ = volume de solution de sulfate de soude.

| $x$. | T observée. | T calculée. | Écart. |
|---|---|---|---|
| 0 | 85,20 | 85,20 | » |
| 16,666 | 82,30 | 82,60 | + 0,60 |
| 33,333 | 79,00 | 80,00 | + 1,00 |
| 50,000 | 76,15 | 77,45 | + 1,30 |
| 66,666 | 73,80 | 74,80 | + 1,00 |
| 83,333 | 71,80 | 72,20 | + 0,40 |
| 100 | 69,60 | 69,60 | » |

Les écarts sont nettement supérieurs aux erreurs d'expérience, et le maximum apparaît pour des volumes égaux des deux solutions, ce qui concorde avec la formation du sulfate acide.

En répétant les mêmes mesures dans le système acide chlorhydrique-sulfate de soude, on observe encore des écarts appréciables entre la température calculée et la température mesurée.

TABLEAU III.

$x$ = volume de solution de HCl à $\frac{1}{10}$ de molécule par litre.

$100 - x$ = » $SO^4Na^2$ »

| $x$. | T observée. | T calculée. | Écart. |
|---|---|---|---|
| 0 | 85,1 | 85,1 | » |
| 33,333 | 78,9 | 80,1 | 1,2 |
| 50 | 75,8 | 77,6 | 1,8 |
| 66,666 | 73,8 | 75,1 | 1,3 |
| 100 | 70,2 | 70,2 | » |

Pour interpréter ces résultats, il est naturel d'admettre que l'acide chlorhydrique réagit sur le sulfate de soude, et qu'un état d'équilibre s'établit entre les deux acides et leurs sels. C'est d'ailleurs l'explication adoptée par Ditte, puis par Berthelot, à la suite de mesures calorimétriques (1).

(1) DITTE, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 1163 et 1283; BERTHELOT, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 1191.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Causes du parcours transversal des faisceaux libéroligneux aux nœuds des Graminées.* Note de M. **P. Bugnon**, présentée par M. Guignard.

J'ai consacré deux Notes antérieures (¹) à mettre en évidence ce fait que, dans les nœuds de la tige des Graminées, ce n'est pas à une différence de nature entre les faisceaux libéroligneux qu'il faut attribuer leur course longitudinale ou transversale, mais qu'il ne s'agit là que d'une question de circonstances : l'objet de la présente Note est de déterminer ces circonstances.

Aux nœuds pourvus de racines latérales, on conçoit qu'on puisse mettre en cause la direction des courants d'échanges liquides correspondant à ces racines, les faisceaux libéroligneux s'établissant en définitive suivant les lignes de maximum de transport des sucs nourriciers. Mais des faisceaux transverses existent aussi aux nœuds dépourvus de racines latérales; d'autres causes agissent donc indépendamment de la précédente.

L'étude de la différenciation de l'appareil conducteur dans le bourgeon terminal de la tige révèle que les faisceaux d'une trace foliaire, nés à l'état de cordons procambiaux indépendants, au niveau du nœud, ou au-dessus, dans la feuille, se différencient ensuite progressivement dans la tige du haut vers le bas et en suivant un parcours normalement longitudinal. Leur extrémité inférieure arrive ainsi dans les régions nodales sous-jacentes où d'autres faisceaux, ceux des traces foliaires plus âgées, sont déjà établis. Plus grand sera le nombre des faisceaux préexistants à un niveau transversal donné, plus la place sera mesurée aux nouveaux venus et plus les risques de rencontres seront fréquents. Ces rencontres aboutissent à deux résultats différents : 1° ou bien le faisceau supérieur s'accole latéralement à un faisceau inférieur et finit par se fusionner avec lui; ce cas ne se présente que si la portion intéressée du faisceau inférieur est jeune elle-même et non encore entourée d'une gaine séparatrice; 2° ou bien le faisceau supérieur ne trouvant ni issue vers le bas, ni possibilité de fusion latérale, subit un coude brusque qui le rend transversal. L'état du tissu au nœud, d'une part, et immédiatement au-dessous du nœud, d'autre part, favorise ce phénomène : le tissu central du nœud a conservé dans une certaine mesure ses propriétés méristématiques initiales et peut aisément se différencier dans le sens transversal en éléments conducteurs, qui restent d'ailleurs courts; les nœuds des Graminées s'opposent en effet aux entre-nœuds par la persistance de la vitalité de leur région médullaire et par la direction de leur accroissement intercalaire, qui est surtout transversal. Par contre, et à cause de la situation basilaire de la zone d'accroissement intercalaire des entre-nœuds, c'est leur région supérieure qui arrive la première à son état défi-

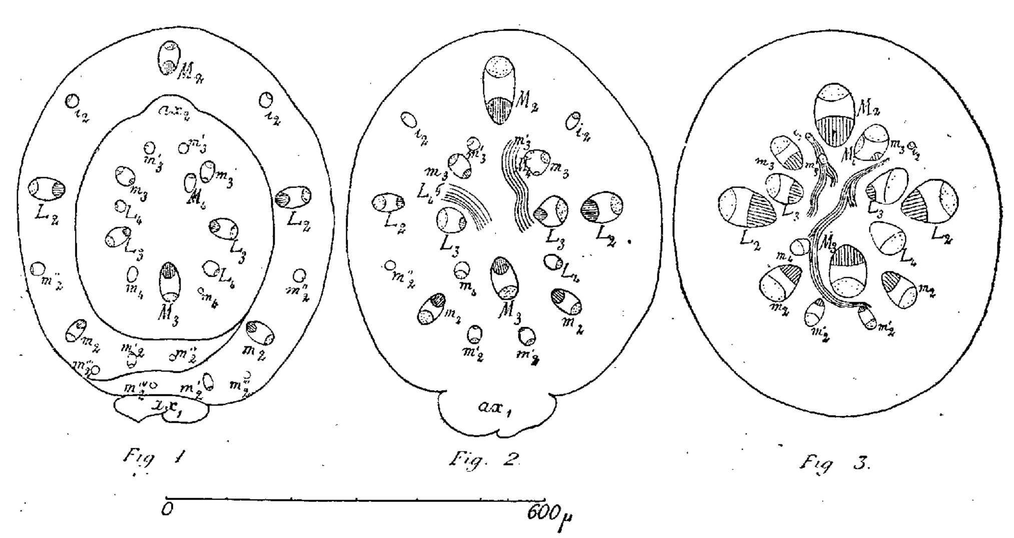
---

(¹) P. Bugnon, *Origine des faisceaux libérolig. transv., etc.* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 671); *Dans la tige des Graminées, etc.* (*Ibid.*, p. 1201).

nitif, le tissu sous-nodal devenant ainsi le premier incapable de différenciation ultérieure.

Dans son parcours transversal, le faisceau arrive à prendre contact latéralement avec d'autres faisceaux longitudinaux ou transverses au même état de différenciation que lui et des anastomoses s'établissent de la sorte entre faisceaux d'origines très diverses, anastomoses d'autant plus complexes que le faisceau descendant peut se diviser en plusieurs branches au niveau de l'obstacle à sa course longitudinale.

Les figures ci-jointes offrent des exemples nets de l'influence de ces circonstances sur le parcours des faisceaux dans les nœuds.




Coupes transversales dans le bourgeon terminal d'une germination de riz (*Oryea sativa* L.) ayant 5 feuilles différenciées au-dessus de la piléole. (Les figures 1 et 2 correspondent aux figures 2 et 3 de ma Note 1; se reporter au besoin à celle-ci pour les détails de la nomenclature des faisceaux.)

Fig. 1 : coupe au niveau du nœud de la feuille $F_3$. — Fig. 2 : coupe dans la partie supérieure du nœud de la feuille $F_2$. — Fig. 3 : coupe dans la partie inférieure du même. Gr. : $\frac{500}{6}$. — Le faisceau médian $M_4$ de la feuille $F_4$ s'est fusionné avec l'un des marginaux $m_3$ de la feuille $F_3$ : l'intervalle où il descendait entre $M_2$ et $m_3$, s'étant trouvé trop réduit pour lui permettre une course indépendante. Un obstacle du même genre (intervalle trop exigu entre $M_2$ et le faisceau anastomotique $M_4\,m_3$) a rendu transverse un des $m'_3$ (*fig.* 2). Fait analogue pour l'un des $L_4$: l'autre $L_4$ a, par contre, trouvé la place nécessaire au nœud de $F_2$ pour continuer son parcours longitudinal, etc.

Ainsi, les causes provoquant le brusque changement de direction qu'un faisceau longitudinal peut subir au niveau d'un nœud semblent être: 1° l'absence de la place et du tissu nécessaires pour que sa différenciation puisse se continuer vers le bas; 2° les facilités qui lui sont par contre offertes à cet égard pour poursuivre sa différenciation dans le sens transversal.

C'est pour les mêmes raisons que les faisceaux gemmaires sont habituellement

transverses : le bourgeon axillaire se développe en général tardivement par rapport aux feuilles du bourgeon terminal de la tige et, à ce moment, les conditions sont telles au niveau de sa feuille axillante que la différenciation des faisceaux de ses traces foliaires ne peut plus s'y effectuer que dans le sens transversal.

C'est également pourquoi, aux nœuds de l'axe d'inflorescence, où les feuilles axillantes sont très réduites ou nulles, où les faisceaux préexistants sont, par suite, peu nombreux dans une section transversale donnée, où le développement des branches se fait presque en même temps que celui de l'axe-support, les faisceaux gemmaires peuvent présenter là une course longitudinale (*loc. cit.*, 2).

Il ressort en outre de l'examen des figures ci-dessus que, dans une trace foliaire donnée, un faisceau qnelconque peut être amené à se trouver dans les conditions qui le rendront transversal à un nœud, ou qui le feront s'accoler à un autre faisceau quelconque d'une autre trace.

Les changements de direction d'un faisceau libéroligneux dans la tige, les rapports qu'il contracte avec d'autres, sont donc des phénomènes secondaires, en quelque sorte accidentels, dépendant uniquement de la structure de la tige au-dessous du niveau où il a pénétré. Cette constatation fondamentale, révélée par l'anatomie ontogénique, montre combien peuvent être fragiles les bases sur lesquelles maintes théories ont été édifiées, comme celle de Sargant et Arber ([1]), pour ne citer que la dernière en date, qui veulent interpréter les organes ambigus de l'embryon des Graminées d'après la course de leurs traces foliaires, d'après les rapports que leurs faisceaux libéroligneux présentent entre eux dans la tige, sans se préoccuper de la manière dont ces rapports se sont établis. Pour prétendre à être explicative, l'anatomie doit être ontogénique.

BOTANIQUE. — *Sur le rôle trophique des endophytes d'Orchidées.* Note ([2]) de M. **Clovis Beau**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La question du rôle du mycélium dans les mycorhizes endotrophes, notamment chez les Orchidées, est loin d'être élucidée. S'agit-il seulement d'une action physico-chimique ayant pour effet de régler la concentration intérieure de la plante, et par suite les échanges osmotiques, ou bien y a-t-il apport direct par le champignon, à l'intérieur de l'hôte, de substances alimentaires ?

La germination de graines d'Orchidées (*Spiranthes autumnalis, Orchis fragrans*) obtenue en déterminant expérimentalement l'infection mycélienne m'a paru plus propre à l'étude de cette question que la croissance des plantes développées, pour laquelle interviennent la fonction chlorophyllienne et l'utilisation des réserves déjà acquises. Ces graines minuscules ne

---

([1]) Sargant et Arber, *The comparative Morphology of the Embryon and Seedling in the Gramineæ* (*Ann. of Bot.*, t. 29, 1915, p. 160).

([2]) Séance du 4 octobre 1920.

renferment en effet qu'une quantité de substance nutritive négligeable; les embryons forment intégralement leurs tissus et leurs réserves aux dépens du milieu nutritif. Si l'on peut faire en sorte que les embryons soient en relation avec ce milieu seulement par l'intermédiaire du mycélium, et si dans ces conditions on observe leur développement, il faut bien en conclure que le champignon leur fournit tous les aliments nécessaires.

Or il en est ainsi dans l'expérience suivante :

Sur la gélose additionnée de salep d'une boîte de Petri on dépose sur sa face convexe et après l'avoir flambé un petit verre de montre. On ensemence la gélose avec le mycélium endophyte dont les filaments ne tardent pas à ramper sur le verre; on sème alors les graines sur celui-ci. Les embryons, rapidement pénétrés par le mycélium, se développent normalement, bien qu'ils ne puissent avoir aucun contact avec la gélose, même par les poils absorbants; et si l'on a soin de les humecter de temps en temps d'eau distillée stérile, leur croissance se poursuit sans arrêt. Mais si l'on détruit les filaments mycéliens qui vont de la gélose aux embryons, ceux-ci cessent de se développer, même si l'on continue à les humecter.

Ces résultats impliquent le transport de l'aliment par le mycélium; il faut alors supposer ou bien que celui-ci excrète les substances nutritives dans l'eau qui humecte les embryons, et avec laquelle elles pénètrent dans les poils absorbants, ou bien qu'il les introduit directement à leur intérieur. De ces deux hypothèses, la seconde est de beaucoup la plus vraisemblable, car si l'on répète l'expérience sans aucune addition d'eau dans le verre de montre, les embryons atteignent néanmoins un développement notable avant de subir un retard, puis un arrêt de croissance évidemment imputables à leur hydratation insuffisante; il est donc légitime d'admettre l'introduction de l'aliment par le mycélium à l'intérieur même de l'embryon; les substances dialysables (sels, hydrates de carbone) passeraient alors du mycélium aux cellules de l'hôte par un phénomène d'osmose. Les poils absorbants, dans l'expérience, absorberaient donc exclusivement de l'eau, sans substances dissoutes; il va de soi qu'il n'en est pas toujours ainsi, les poils absorbants restant, dans les conditions naturelles, des voies de pénétration pour les aliments dissous. On sait d'ailleurs que, dans les conditions expérimentales de la germination autonome, les poils absorbants peuvent suffire à l'absorption de tout l'aliment.

Mais dans les conditions naturelles, il est manifeste que l'acquisition par la plante tout au moins des hydrates de carbone nécessite l'intervention du mycélium dans tous les cas où l'absence de chlorophylle rend la symbiose obligatoire, le mycélium fournissant alors l'énergie chimique à la plante

sous la même forme que la chlorophylle. Il en est ainsi pendant le développement du tubercule embryonnaire de toutes les Orchidées et pendant toute la vie des Orchidées holosaprophytes. Et cette suppléance exacte de la fonction chlorophyllienne par la symbiose permet de comprendre comment des Orchidées normalement vertes peuvent exceptionnellement croître et fleurir dans des conditions d'étiolement plus ou moins complet, et parfois total. C'est ainsi que, dans une petite grotte des Alpes-Maritimes d'une dizaine de mètres de profondeur, j'ai observé (1) des *Cephalanthera* et des *Epipactis* qui, à l'exclusion de toute autre plante à chlorophylle, pénétraient jusqu'au fond de cette grotte, d'autant plus décolorés qu'ils s'en rapprochaient davantage. Les derniers, très faiblement éclairés, étaient entièrement jaunâtres et cependant formaient encore des fleurs, stériles il est vrai. Mlle Camus a signalé depuis (2), dans une région voisine, un *Cephalanthera pallens* fleuri qui, développé dans un lieu très ombragé, présentait un albinisme complet. Le rhizome de ces individus étiolés portait un riche faisceau de racines, abondamment envahies par l'endophyte.

Dans tous ces cas, les hyphes extérieurs du mycélium digèrent des hydrates de carbone insolubles, tels que la cellulose des débris végétaux, et en font bénéficier leur hôte, embryon ou plante adulte. J'ai pu d'ailleurs mettre en évidence cette propriété que possède l'endophyte de digérer la cellulose en le cultivant sur du coton imbibé d'une solution minérale sans carbone où il se développe parfaitement. L'hydrate de carbone solubilisé et absorbé par les hyphes pénètre à leur intérieur jusque dans l'embryon ou la racine infectée; là, il passe du mycélium aux cellules par un phénomène d'osmose vraisemblablement conditionné par l'hydratation du suc cellulaire qu'assurent les poils absorbants, osmose à laquelle paraît spécialement propre le peloton mycélien qui, par sa grande surface et la minceur particulière de sa paroi, contitue un appareil quelque peu comparable à un glomérule de Malpighi.

En résumé, les expériences précédentes montrent l'action directe du champignon sur la nutrition de la jeune Orchidée, et permettent de comprendre sa moindre importance pour la formation des tubercules chez l'Orchidée verte plus âgée, la photosynthèse pouvant y suffire, ainsi que je l'ai montré dans une Note antérieure (3).

---

(1) *Riviera scientifique*, août 1914.

(2) *Riviera scientifique*, 1er trimestre 1918.

(3) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 512.

BIOLOGIE. — *Sur la biologie des Mollusques dans les dunes maritimes françaises et ses rapports avec la géographie botanique.* Note (¹) de M. **Gaston Astre**, présentée par M. Guignard.

L'étude malacologique et botanique que nous avons poursuivie au cours de ces dernières années dans les dunes maritimes du littoral océanique français nous a fourni sur la biologie de ces régions pseudo-désertiques les généralités sommaires suivantes :

I. Au point de vue malacologique, la dune maritime est un milieu caractérisé par sa facilité de dessiccation; à ce titre, sa faune proprement dite est xérophile. Au point de vue botanique, elle est caractérisée d'abord par sa facilité de dessiccation, ensuite par sa salinité; il y aura donc une flore xérophile et une flore halophile.

La distribution biogéographique des dunes est une conséquence directe de ce caractère de sécheresse et de l'anhydrobiose qui en résulte. On peut en effet distinguer, selon le degré de sécheresse, quatre zones successives bien tranchées :

*a*. Zone abiotique, où les conditions physiques sont incompatibles avec la vie des êtres étudiés.

*b*. Zone oligobiotique, où la vie commence à apparaître. Végétaux : *Psamma arenaria*, *Eryngium maritimum*, *Convolvulus Soldanella*, *Cakile maritima*, etc.; Mollusques : *Helix* à test crétacé : *variabilis*, *palavasensis*, *barbara*, *pisana*, *intersecta*.

*c*. Zone mésobiotique, où la vie rencontre ses conditions moyennes. Végétaux typiques : *Hippophæ rhamnoïdes*, *Solanum Dulcamara*, etc.; Mollusques : *Helix nemoralis*, *H. aspersa*, *Sphyradium edentulum*, etc.

*d*. Zone pléistobiotique, à humidité notable : Pannes de Belgique, Lettes d'Aquitaine. Végétaux : *Rubus*, *Mentha*, *Lythrum*, *Salix*, etc.; Mollusques : *Helix pulchella*, *Buliminus obscurus*, *Hyalinia nitida*, etc. La rencontre de *Physa acuta* dans une mare salée de la région d'Arcachon, rapprochée de celle qu'on fait de cette espèce dans les lieux bourbeux et malodorants du bassin sous-pyrénéen, montre le degré d'imprécision qui peut régner parfois dans le procédé d'analyse sommaire des eaux employé par certains hygiénistes pour reconnaître la potabilité d'une eau d'après la faune qui y vit, cette forme ayant toujours été, dans ce cas, considérée comme n'habitant que des eaux très potables.

---

(¹) Séance du 4 octobre 1920.

Ces zones sont disposées les unes par rapport aux autres, soit concentriquement comme dans les Flandres, soit parallèlement comme en Aquitaine, selon la disposition topographique des dunes.

La disposition des zones botaniques par rapport aux zones malacologiques se fait sur un même plan général, sauf les deux particularités suivantes :

*a.* Tandis que la partie la plus dénudée des zones oligobiotiques présente une flore halophile, il n'existe pas dans les dunes une faune malacologique différenciée.

*b.* Les zones oligobiotiques, botanique et malacologique, ne commencent pas au même endroit dans le voisinage de l'Océan, parce que l'on rencontre des végétaux sur le versant marin des premières croupes littorales, alors que les Mollusques terrestres ne peuvent vivre qu'en arrière de la première crête de dunes. Par conséquent, selon que les dunes voisines de la mer seront en plateau allongé ou en monticule abrupt, les Mollusques s'approcheront plus ou moins de la côte; la zone oligobiotique malacologique sera plus ou moins étendue.

II. Le facteur sécheresse, auquel est due la disposition des zones, est aussi dans une grande mesure la cause des principales réactions que présentent les Mollusques envers le monde extérieur. Les mieux adaptés de ces animaux à la sécheresse luttent en s'enfonçant de plus en plus dans la coquille et en sécrétant un épiphragme. Les espèces les plus susceptibles de vivre en anhydrobiose se rencontrent d'habitude au sommet des tiges de Graminées, elles sont ainsi éloignées des couches d'air surchauffé voisines du sol. Comme le test calcaire de ces animaux est généralement blanchâtre, l'échauffement par rayonnement est très diminué et leur échauffement ne se produit que par conduction avec les couches d'air assez distantes du sol. Enfin leur isolement derrière un épiphragme les maintient dans une atmosphère relativement saturée. Ces trois causes réunies leur permettent de résister à des conditions particulièrement défavorables. Un état particulier de semi-perméabilité des membranes protoplasmiques vient probablement faciliter cette adaptation.

III. La sécheresse possible des dunes a eu, en outre, pour autre conséquence, de ne permettre la vie sur les sables maritimes qu'aux Mollusques les mieux adaptés à l'anhydrobiose. Cette condition se traduit par le courant migrateur d'origine méridionale et l'association faunistique littorale, si souvent signalés par les auteurs. Nous avons pu préciser dans les Flandres l'état actuel de ces déplacements.

Il n'y a pas eu évolution dans la faune malacologique de la dune. Ce ne sont pas des Gastéropodes habitant l'arrière-pays, n'ayant donc que quelques centaines de mètres à parcourir, qui ont pénétré sur la dune presque aride pour la coloniser. Les formes qui ont peuplé ce sable sont celles qui étaient déjà adaptées à la sécheresse dans les régions lointaines plus méridionales et qui ont eu de longues étapes à franchir pour arriver en ces contrées côtières. En dehors de quelques modifications secondaires peu importantes, la faune malacologique des dunes n'est pas une faune ayant évolué en vue d'une adaptation à un milieu spécial, mais une faune qui était déjà préadaptée dans les pays circa-méditerranéens et qui a simplement étendu son aire de distribution dans les lieux dont les conditions physiques se rapprochent de celles des territoires où elle habitait déjà.

IV. A côté de la dessiccation, qui est le facteur physique essentiel de la dune maritime, se rencontrent des causes secondaires multiples dont l'action se traduit par le polymorphisme des espèces, la costulation de la coquille, la desquamation du test et enfin un très curieux cas de mélanisme que nous avons observé en Flandres sur les téguments d'*Helix nemoralis*. La découverte exclusive que l'on fait de ces derniers spécimens mélaniques dans la portion des dunes la plus voisine du littoral, celle où la proportion de chlorure de sodium dans le sable est appréciable, permet de penser que c'est à un élément minéral d'origine marine, en suspension dans le sable, qu'est dû le déclanchement des processus d'oxydation nécessaires à la production de cette hyperpigmentation.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La conduction aneurale de l'ectoderme chez les embryons d'Amphibiens.* Note de M. P. **Wintrebert**, présentée par M. Marchal.

J'ai montré, dans des études précédentes, qu'au temps de l' « irritabilité ectodermique aneurale », telle qu'elle est révélée par le fonctionnement musculaire, le tégument conduit les excitations, reçues en n'importe quel point de sa surface, à un territoire de raccord neuro-ectodermique strictement limité aux deux tiers antérieurs du tronc ([1]). Hooker (1911) soutient que la réponse obtenue par la stimulation d'une région aneurale résulte de la transmission mécanique de l'excitation aux régions nerveuses, par suite

([1]) Wintrebert, *Comptes rendus de la Société de Biologie,* t. 57, 1904, p. 645; t. 59, 1905, p. 58; *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 408 et 583.

d'un ébranlement général ou d'un glissement de la peau sur les tissus profonds ([1]); mais ses procédés d'exploration sont défectueux ([2]); d'autre part, son opinion n'explique pas comment, à la suite d'ablation cicatrisée de la moelle dans les régions moyenne et postérieure du tronc, les piqûres de la pointe caudale, qui sont efficaces et suivies d'une réponse du segment céphalique pendant la phase d'excitabilité aneurale, ne déterminent jamais, ni avant ni après cette phase, la réaction de ce segment. Les expériences suivantes, entreprises pour élucider les caractères de la conduction ectodermique aneurale, prouvent encore l'inanité de cette interprétation mécanique.

Les opérations ont été pratiquées sur l'Axolotl (*Amblystoma tigrinum*) et leurs résultats confirmés chez *Rana temporaria*. Les larges blessures faites à l'embryon provoquent une paralysie rapide du mouvement, en raison des échanges nombreux qui s'établissent entre le milieu embryonnaire mis à nu et le milieu ambiant; l'exploration de la sensibilité doit donc suivre de près l'opération.

I. *La conduction aneurale de l'ectoderme est diffuse.* — *a.* Une incision annulaire du tégument, pratiquée entre l'une des extrémités et le territoire de liaison neuro-ectodermique, empêche le passage, vers les centres nerveux, des stimulations portées sur la tête ou sur la queue; mais il suffit d'un pont cutané intact, reliant les bords de l'incision en un point quelconque de son pourtour, pour assurer ce passage. Ce résultat confirme qu'en dehors de la zone de jonction signalée, aucun tissu profond, y compris les filets nerveux sensibles cutanés placés derrière l'incision, n'est capable de recueillir ni de porter à la moelle les excitations qui parcourent l'ectoderme.

*b.* Après avoir découpé partiellement l'embryon en deux, dans le sens longitudinal, par une incision partant de la région cardiaque et finissant devant la base caudale, si l'on pique la zone cardio-ventrale, on provoque une contraction réflexe du lambeau myotomique dorsal, qui débute toujours dans les muscles antérieurs.

*c.* Après une incision longitudinale faite en sens inverse, qui isole l'abdomen et la queue de la région neuro-myotomique du tronc, en laisssant les lambeaux réunis par une charnière antérieure, une excitation portée sur la queue se dirige en avant, passe par la région cardiaque dans le lambeau dorsal et provoque la contraction de celui-ci.

II. *L'excitation qui détermine le réflexe arrive au lieu de jonction neuro-ectodermique par le plus court chemin.* Chez l'Axolotl, quand la contraction croise les extrémités et enroule le corps en spirale (stades IV et V du mouvement) ([3]), la

---

([1]) Hooker, *Journ. of. exp. Zool.*, t. 2.

([2]) Wintrebert, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 83, 1920, p. 1212.

([3]) Wintrebert, *Ibid.*, t. 76, 1914, p. 303.

réponse à une piqûre du bout caudal se produit toujours du côté opposé à l'excitation; mais après avoir incisé l'ectoderme transversalement sur une moité latérale de l'embryon, à l'union du tiers postérieur et des deux tiers antérieurs du tronc, c'est-à-dire en arrière de la zone de jonction neuro-ectodermique, si l'on excite de nouveau la pointe caudale, la réponse, au lieu d'être hétéro-latérale, comme auparavant, *s'exécute du même côté*. L'excitation ne pouvant traverser l'incision cutanée semi-annulaire, contourne les bords de l'embryon et parvient à la zone de liaison nerveuse du côté opposé, avant d'atteindre celle qui se trouve au-devant de l'incision; la réponse, par rapport à la voie nerveuse réceptrice, reste ainsi toujours croisée.

On remarque de plus que le temps d'accomplissement du réflexe nerveux constitue pour les centres médullaires *une phase réfractaire;* car l'excitation, diffusée dans l'ectoderme, n'aborde pas en même temps tous les points de la zone de liaison nerveuse. Le passage le plus précoce dans les nerfs sensitifs provoque la réponse motrice et les stimulations qui, par des chemins plus longs, arrivent plus tard à d'autres points de cette zone, restent sans effet.

La connaissance de la conduction ectodermique aneurale interdit de souscrire aux conclusions de Herrick et Coghill (1915) ([1]), qui attribuent à la moelle et spécialement aux cellules géantes dorsales de Rohon-Beard la conduction, vers les centres médullaires antérieurs, des premières excitations efficaces du bout caudal.

Le fait que ces excitations peuvent stimuler la partie antérieure de la moelle, alors que les trois quarts postérieurs de celle-ci sont enlevés, prouve que *la conduction médullaire n'est pas en jeu.*

Il n'est pas légitime non plus de considérer avec Coghill (1909, 1914, 1916) ([2]) les réponses hétéro-latérales, qui succèdent généralement aux premières stimulations efficaces de la tête et de la queue, comme l'expression d'un mécanisme nerveux *primitif;* car ce sont uniquement les centres médullaires antérieurs qui reçoivent les excitations conduites par l'ectoderme, et qui commandent les réponses; leur activité commence en même temps que les premiers mouvements du corps, bien avant, par conséquent, que les extrémités se montrent excitables par l'effet de l'irritabilité ectodermique aneurale. Nous avons déjà vu, du reste ([3]), que les réactions primitives de ces centres, de même que celles de tous les centres médullaires postérieurs, successivement différenciés le long de la moelle, sont variables dans leur orientation et fréquemment homo-latérales.

---

([1]) *Journ. of comp. Neurology*, t. 25.

([2]) *Journ. of comp. Neurology*, t. 19, 24 et 26.

([3]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 583.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence de la multiplication asexuée (scissiparité normale) chez certains Sabelliens* (Potamilla torelli *Malm. et* Myxicola dinardensis *St. Jos.*). Note de MM. **Maurice Caullery** et **Félix Mesnil**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Pendant longtemps, la reproduction asexuée n'a été connue, parmi les Polychètes franchement tubicoles, que chez les Filigranes et Salmacines. Le phénomène y est d'ailleurs évident, parce que la régénération du schizozoïte devance largement sa séparation d'avec la souche. Malaquin a fait une étude détaillée de ce processus. Plus difficiles à déceler sont les cas où les schizozoïtes ne régénèrent leur extrémité antérieure qu'après leur isolement; il faut alors, ou bien une dissection attentive des tubes pour y trouver les bourgeons *in situ* (c'est ainsi que S. Lo Bianco a démontré la scissiparité binaire d'un Chétoptérien, *Telepsavus costarum*), ou bien, par des statistiques, constater la fréquence et la régularité des régénérations (c'est ainsi que F.-A. Potts a mis en évidence la scissiparité des *Phyllochætopterus*). C'est d'ailleurs ainsi que nous-mêmes avons établi celle de *Syllis gracilis* (1).

Jusqu'ici personne, à notre connaissance, n'a signalé de scissiparité régulière chez les Sabelliens, où d'ailleurs la régénération, expérimentale ou après traumatisme, est très facile, comme l'ont montré, en particulier, Vaney et Conte (2), chez *Spirographis*. Soulier (3) a noté aussi la fréquence de la régénération dans la nature, chez *Potamilla torelli*, en la considérant comme résultant de mutilations, c'est-à-dire ayant un caractère accidentel.

Nous avons eu l'occasion, en août-septembre de cette année, de constater l'existence normale de la scissiparité chez deux espèces de cette famille, *Potamilla torelli* Malm. et une Myxicole que nous rapportons à *Myxicola dinardensis* St. Jos.

*Potamilla torelli* est très commune dans les mares à *Lithothamnion* de la Hague. Ses tubes, parcheminés et vitreux, courent sous l'algue et s'in-

(1) F. Mesnil et M. Caullery, *Sur un processus normal de fragmentation, suivie de régénération, chez une Annélide Polychète*, Syllis gracilis *Gr.* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 926).

(2) Vaney et Conte, *Recherches expérimentales sur la régénération chez* Spirographis spallanzanii (*C. R. Soc. Biol.*, t. 59, 1899, p. 973).

(3) Soulier, *Révision des Annélides de Cette*, II (*Trav. Stat. Zool. Cette*, sér. J, Mém. 13, p. 6).

sinuent profondément dans ses anfractuosités; il est facile d'en recueillir un grand nombre. Or une très forte proportion des individus adultes montrait nettement, à l'époque indiquée, une régénération plus ou moins avancée de l'extrémité postérieure, reconnaissable au calibre de cette extrémité, à la couleur et à la brièveté de ses segments. En extrayant soigneusement de l'algue des tubes de l'Annélide, il n'est pas rare de trouver, dans le même tube, un adulte se régénérant ainsi postérieurement et un autre individu, beaucoup plus petit, comptant régulièrement de 28 à 35 segments, dont le calibre et l'aspect correspondent bien à l'extrémité postérieure normale du premier; à l'extrémité antérieure de ce petit individu, on voit se différencier une couronne de branchies. Il y a concordance entre le degré d'avancement des deux régénérations.

Il n'est donc pas douteux que le petit individu est l'extrémité postérieure du grand, détachée et en voie de régénération antérieure. Au début de septembre, ces régénérations pouvaient être trouvées en nombre illimité dans nos cristallisoirs contenant des *Lithothamnion* porteurs de *Potamilla*. Le caractère normal du phénomème est nettement indiqué par la constance du nombre des segments.

Nous en concluons donc que, comme les Salmacines, *Potamilla torelli* se propage asexuellement, par scissiparité (ou schizogenèse), la région postérieure du corps s'autotomisant à un niveau fixe (à 30 segments environ de l'extrémité postérieure), pour constituer un nouvel individu ou schizozoïte. Ces schizozoïtes, même à des stades avancés de la régénération, ne peuvent pas être confondus avec des individus issus directement de l'œuf (oozoïtes).

La régénération, dont nous avons suivi les diverses étapes, se fait d'une façon tout à fait analogue à ce que Malaquin a vu chez les Salmacines. A l'extrémité antérieure, se forme un bourgeon, qui est rapidement bifide : ses deux branches primitives se subdivisent ensuite pour former les branchies. La partie basilaire se différencie en le premier segment avec la collerette et les deux premiers sétigères. Les segments suivants, à partir du troisième sétigère définitif, proviennent directement des segments anciens du schizozoïte : sur les trois ou quatre premiers de ces segments, se fait une transformation de l'appareil sétigère, qui aboutit à la constitution normale des segments thoraciques. Comme tous les segments abdominaux de *Potamilla*, ils offraient primitivement une rangée de plaques onciales représentant la rame dorsale, et un faisceau de soies capillaires représentant la rame ventrale. Les étapes de la transformation peuvent se sérier dans le

temps comme suit : 1° chute des plaques onciales; 2° poussée, à leur niveau de soies capillaires formant la nouvelle rame dorsale; 3° chute des soies capillaires ventrales; 4° poussée d'une rangée d'uncini ventraux. Les otocystes se voient très nettement auprès de la première rame sétigère dorsale (1).

Les faits sont très analogues chez *Myxicola dinardensis*. Cette Annélide, qui atteint 25$^{mm}$ de longueur, vit dans une gaine épaisse de mucus qu'elle sécrète et on la rencontre, comme *Potamilla torelli*, mais beaucoup moins fréquemment, sous les plaques de *Lithothamnion*. Or, souvent, dans chaque masse de mucus, il y a plusieurs individus, généralement de tailles très inégales. Les grands montrent fréquemment, comme chez *Potamilla*, une extrémité postérieure en régénération et les petits, qui ont un nombre de segments sensiblement fixe (environ 30), régénèrent leur extrémité antérieure. Ici le bourgeon de régénération ne fournit que la branchie, le premier segment et le premier sétigère. Les autres segments thoraciques (1 ou 2) se différencient aux dépens des segments anciens, de la même façon que chez *Potamilla :* au premier sétigère, on trouve aussi des otocystes en nombre souvent supérieur à ceux qui existent chez l'adulte. En somme, à des détails près, la scissiparité chez *Myxicola* se produit comme chez *Potamilla* (2).

Ces observations étendent notablement nos connaissances sur la scissiparité normale chez les Polychètes tubicoles et autorisent à penser que c'est là un processus assez répandu chez les Sabelliens (3).

---

(1) On obtient aisément la régénération de fragments de *Potamilla*, sectionnés à un niveau quelconque, et elle a lieu de la façon décrite ci-dessus. Conte et Vaney (*loc. cit.*) décrivent d'une façon analogue la régénération chez *Spirographis*.

(2) La scissiparité existe vraisemblablement aussi chez *Myxicola æsthetica*, car Soulier (*loc. cit.*, I, Mém. 10, p. 27) indique qu'à Cette, cette Myxicole est extrêmement grégaire et forme parfois des paquets pesant jusqu'à 3$^{kg}$, où plusieurs individus sont dans un tube unique. Il note ailleurs (Mém. 13, p. 7) la fréquence des régénérations chez les Myxicoles.

(3) Vaney et Conte (*loc. cit.*), notent la coexistence assez fréquente de deux et même trois individus inégaux dans un même tube de *Spirographis* et « sont disposés à croire que la scissiparité peut se produire naturellement chez les Annélides ». Cette suggestion peut être considérée comme extrêmement probable d'après les faits relatés ici.

HYGIÈNE. — *Relations entre les éléments météorologiques et le nombre de décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration, à Paris.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

Tous les chiffres utilisés dans ce travail ont été empruntés au *Bulletin hebdomadaire de Statistique municipale*, publié par la Ville de Paris. Ce Recueil donne, pour chaque semaine, le nombre de décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration, c'est-à-dire par bronchite aiguë, bronchite chronique, pneumonie, broncho-pneumonie, congestion pulmonaire et autres affections de l'appareil respiratoire, phtisie exceptée. On y trouve en outre les valeurs quotidiennes et les moyennes hebdomadaires des principaux éléments météorologiques à l'Observatoire de Montsouris. Telles ont été les données mises en œuvre. Les calculs ont porté sur l'ensemble des dix années 1904-1913, comprenant 522 semaines ([1]).

En moyenne, les maladies considérées ont causé 142 décès par semaine. La variation annuelle est très marquée et se reproduit à peu près la même tous les ans. Elle offre, en moyenne décennale, un maximum principal de 237 décès dans la septième semaine (milieu de février) et un minimum principal de 72 dans la trente-sixième (début de septembre). Il y a chaque année, au printemps, un maximum secondaire qui, en moyenne, est de 193 et tombe dans la seizième semaine (milieu d'avril). Il est séparé de celui de l'hiver par un minimum relatif de 175 dans la douzième semaine (milieu de mars).

Si l'on compare cette variation à celle de la température, on constate que la première est à peu près l'inverse de la seconde, avec un retard de trois semaines. Cela étant, en utilisant les 522 semaines, j'ai cherché la relation entre le nombre de décès et la température moyenne trois semaines auparavant. J'ai obtenu le résultat suivant ([2]) :

| | Température de l'antépénultième semaine. | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0°. | 2°. | 4°. | 6°. | 8°. | 10°. | 12°. | 14°. | 16°. | 18°. | 20°. | 22°. | 24°. |
| Nombre moyen de décès.... | 230 | 206 | 198 | 188 | 161 | 142 | 128 | 108 | 91 | 86 | 84 | 83 | 85 |

([1]) D'après les recensements de 1906 et de 1911, la population moyenne de Paris pendant cette période peut être évaluée à 2784000 âmes.

([2]) En groupant les températures de $-1°,0$ à $+0°,9$, de $+1°,0$ à $+2°,9$, etc.

La relation est des plus nettes : de 0° à 14° ou 15°, elle est représentée par une droite. Il y a proportionnalité inverse, à une hausse de température de 1° correspondant une diminution de 9,2 décès. Puis la courbe figurative s'infléchit rapidement et, à partir de 20° environ, devient sensiblement horizontale; le nombre des décès reste constant, quelle que soit la température, du moins jusqu'à 24° ou 25°. Au-dessus de cette température, comme au-dessous de 0°, il y a incertitude, le nombre de cas étant insuffisant.

A l'aide de cette relation, j'ai calculé le nombre moyen de décès de chacune des semaines de l'année en fonction de la température et je l'ai soustrait du nombre constaté. Si l'on représente graphiquement, l'un au-dessus de l'autre, d'une part cette différence, et d'autre part le nombre moyen de jours de vents de NNE à E pour chaque semaine de l'année, une corrélation évidente apparaît : quand la fréquence de ces vents augmente, on constate en général, à une semaine d'intervalle, une augmentation du nombre de décès corrigé de la température. Celui-ci se montre en outre affecté d'une variation saisonnière dont je parlerai tout à l'heure.

Pour avoir la relation entre la fréquence des vents de NNE à E et le nombre de décès, j'ai calculé pour chacune des 522 semaines le nombre théorique de décès en fonction de la température et la différence D entre ce dernier et le nombre constaté. J'ai ensuite calculé les valeurs moyennes de D suivant que la semaine précédente avait compté 0, 1, 2, ..., 7 jours de vents de ladite direction. Voici ces valeurs :

| | Nombre de jours de vents de NNE à E la semaine précédente. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0. | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
| Accroissement du n. de décès... | −7 | 0 | +7 | +11 | +10 | +13 | +20 | +22 |

La courbe figurative, malgré quelque irrégularité, a l'allure d'une courbe de saturation. Les vents de NNE à E accroissent le nombre de décès, d'abord proportionnellement à leur durée, puis suivant un taux décroissant à mesure que leur règne se prolonge.

Afin de dégager la variation saisonnière signalée plus haut, j'ai calculé la valeur moyenne de D en répartissant par mois les 522 semaines et en considérant successivement les cas où la semaine précédente avait compté 0, 1, 2, 3 ou 4 jours de vents de NNE à E (les semaines qui en comptent plus sont trop peu nombreuses). Chacun des cinq cas donne une variation annuelle, qui, dans ses grandes lignes, est la même pour tous. En faisant la moyenne, après avoir appliqué des poids proportionnels au nombre de cas, on a le résultat suivant :

| | Mois de l'année. | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | J. | F. | M. | A. | M. | J. | J. | A. | S. | O. | N. | D. |
| Variation saisonnière du nombre de décès | +17 | +7 | 0 | +21 | +14 | +6 | −8 | −7 | −11 | −10 | −17 | −12 |

On en conclut que, par l'effet de la saison, indépendamment des circonstances météorologiques, le nombre de décès est plus grand dans les six premiers mois et plus petit dans les six derniers. Le mois de novembre est le plus favorable; ceux de janvier et d'avril sont, au contraire, les plus défavorables.

Le nombre de décès paraît déterminé presque exclusivement par les trois causes énumérées ci-dessus, à savoir la température, la fréquence des vents de la région Nord-Est et la saison. En particulier, l'humidité n'a qu'une importance pour ainsi dire du second ordre, car elle est sous la dépendance de la direction du vent. Et comme les vents de NNE à E, les plus défavorables, sont aussi les plus secs, la statistique indique qu'en moyenne une diminution de l'humidité est suivie d'une augmentation du nombre de décès, résultat qui ne justifie pas la bonne réputation du « petit froid sec ».

Des essais faits sur plusieurs années de la période 1904-1913 m'ont montré qu'en se servant des relations trouvées, on pouvait calculer avec une bonne approximation le nombre de décès à attendre pendant une semaine donnée, d'après les températures moyennes des trois semaines précédentes et la fréquence des vents de NNE à E dans la dernière semaine, en tenant compte aussi de la saison.

On constate parfois, entre les nombres calculés et les nombres constatés, des écarts dont le sens se maintient le même pendant un certain nombre de semaines. N'y a-t-il pas là une indication du caractère plus ou moins bénin ou pernicieux des maladies considérées aux diverses époques?

Les résultats dont la présente Note donne un résumé succinct seront publiés ultérieurement en détail dans un autre recueil.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

É. P.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 18 OCTOBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison de la séance publique des cinq Académies, la prochaine séance aura lieu le mardi 26 octobre au lieu du lundi 25.

### HYDRAULIQUE. — *Sur les applications du tube de Pitot.* Note de M. **Mesnager**.

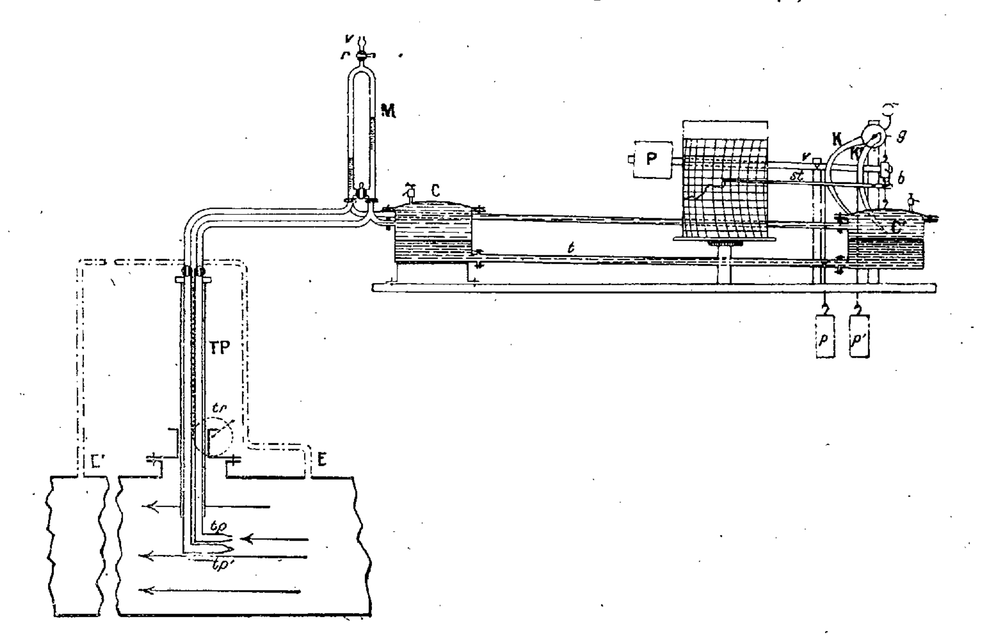
La très intéressante Note de notre regretté confrère Yves Delage, parue au dernier numéro des *Comptes rendus*, montre bien la facilité avec laquelle il résolvait les questions les plus diverses. Peut-être n'était-il pas au courant des progrès faits dans l'application de l'appareil de Pitot? Car les trois problèmes qu'il s'est posé : transport des indications à distance, indépendance des indications expérimentales et du support, enregistrement des vitesses, ont déjà été résolus et les deux premiers d'une façon plus simple.

Pitot, dans sa Communication de 1832, indiquait son appareil comme composé de deux tubes, l'un recourbé contre le courant, l'autre descendant verticalement jusqu'au niveau du premier. Darcy, inspecteur général des Ponts et Chaussées, montra que dans le tube vertical s'établit un niveau inférieur à celui de l'eau, si l'on ne prend pas certaines précautions. Il imagina en outre de transporter le niveau des lectures en comprimant ou en raréfiant l'air également au-dessus des deux ménisques des tubes (1). Son article se termine par ces mots : « Il est facile de voir qu'un pareil instru-

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, t. 1, 1858, p. 351.

ment s'appliquerait aisément à la mesure du sillage des navires. » Ritter, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, dans différents articles ([1]), indiqua des perfectionnements, notamment l'emploi de l'air pour transmettre les pressions subies par les orifices à un manomètre que dans ses expériences il plaçait souvent fort loin de ces orifices. Ses appareils, dits *tachymètre de surface* et *hydrotachymètre*, figurèrent à l'Exposition universelle de 1889.

L'enregistreur de M. Delage diffère peu en principe de celui que M. Parenty a décrit dans les *Annales des Ponts et Chaussées* en 1906 ([2]) et qu'il avait utilisé pour mesurer le débit des fontaines lumineuses en 1889. Celui que j'ai établi en 1903 à la demande de l'ingénieur en chef du service des Eaux de Paris et qui a été appliqué à une conduite de la Villette, à l'usine de Montmartre, au puits de Passy et, avec la variante indiquée en pointillé mixte sur la figure, à une conduite d'eau d'égout dans la plaine d'Achères, résolvait le même problème, mais seulement au point de vue de la mesure de la vitesse par des ordonnées proportionnelles ([3]).




Tous ces enregistreurs paraissent d'un emploi difficile à la mer.

([1]) *Annales des Ponts et Chaussées*, t. 2, 1886, p. 697; t. 2, 1892, p. 805.

([2]) *Annales des Ponts et Chaussées*, t. 1, 1906, p. 170.

([3]) *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 75. — Expositions de la Société de Physique. — Exposition de Milan, 1906.

ASTRONOMIE. — *Sur la photographie des étoiles en plein jour.*
Note de M. **Maurice Hamy.**

Lord Rayleigh a montré que la couleur du ciel est engendrée par la diffusion atmosphérique de la lumière solaire [1]. Ses recherches, définitivement sanctionnées par l'expérience, établissent que la quantité de lumière simple, dispersée par les molécules d'air dans chaque région du spectre, loin d'être constante, varie proportionnellement à l'inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde. La loi s'applique seulement aux ciels très purs, lorsque l'atmosphère ne contient en suspension que des poussières ou particules liquides très petites par rapport aux longueurs d'ondes.

Filtrées par un écran monochromatique, les radiations émanant du fond d'un ciel très pur sont donc d'autant plus faibles que leurs réfrangibilités sont moindres. Comme conséquence immédiate de cette propriété, le contraste entre la lumière émanant de ce fond et celle qui provient d'une étoile, dans une région donnée du spectre, augmente très rapidement avec la longueur d'onde.

L'application de cette propriété à la photographie des étoiles, en plein jour, a été faite [2] par A.-F. et F.-A. Lindemann, en Angleterre, au cours d'expériences très intéressantes, entreprises avec un écran sélecteur et des plaques panchromatiques préparés pour l'extrême rouge, à défaut d'émulsion photographique sensible à l'infra-rouge dont l'efficacité serait bien supérieure, mais dont la formule est encore à trouver. Il a été possible, par ce moyen, de photographier les étoiles de troisième grandeur, à 20° ou 30° du Soleil, sous le ciel de Sidmouth dont la transparence ne répond cependant qu'approximativement aux conditions théoriques des recherches du grand physicien anglais. Rapproche-t-on ce résultat de la découverte récente de la déviation des rayons lumineux par l'attraction solaire, prévüe par la théorie d'Einstein et observée au cours de l'éclipse totale de mai 1919, l'intérêt des expériences de A.-F. et F.-A. Lindemann apparaît en pleine évidence. Elles font entrevoir, en effet, la possibilité d'enregistrer le nouveau phénomène, en dehors des éclipses, pour l'étudier à loisir. Cette espérance se changera très vraisemblablement en réalité, le

---

(1) Voir, à ce sujet, une Note très remarquable de M. Ch. Fabry (*L'Astronomie*, 1918, p. 15).

(2) *Monthly Notices*, 1916, p. 140.

jour où une émulsion photographique, sensible à l'infra-rouge avancé, aura été découverte, et en opérant sous un ciel tout à fait pur.

Ces considérations m'ont amené, l'été dernier, à entreprendre en haute montagne, dans le massif du mont Blanc, des expériences destinées à déterminer la grandeur limite des étoiles photographiables, en plein jour, dans l'extrême rouge. Mes recherches, encore à leur début, ont été facilitées par notre confrère M. Louis Lumière, qui a gracieusement préparé les écrans et les plaques photographiques nécessaires; d'autre part, j'ai pu opérer à l'altitude de 4350$^m$, grâce à l'aimable hospitalité de M. Joseph Vallot, à l'Observatoire des Bosses, hospitalité prolongée pendant six jours au cours desquels de violentes tempêtes ont malheureusement rendu presque constamment tout travail impossible. A l'un et à l'autre, je suis heureux d'exprimer ici mes remercîments.

En vue d'obtenir la solution de la question à étudier, j'avais organisé, par des moyens de fortune, un matériel expérimental très léger comportant une source électrique dont le voltage devait rester constant au cours des opérations. Une cause accidentelle étant venue compromettre, au dernier moment, les dispositions que j'avais prises pour satisfaire à cette condition, j'ai dû me borner à n'exécuter qu'une partie de mon programme, quitte à obtenir des renseignements simplement approximatifs. Le dispositif auquel je m'étais arrêté sera utilisé dans des recherches ultérieures. En y ajoutant quelques perfectionnements de détails, il répond à la description suivante :

Une lentille projette un filament rectiligne de lampe électrique sur un coin photométrique, dans le sens de la dégradation de l'absorption. La lumière se réfléchit ensuite sur une glace transparente G et pénètre dans une chambre photographique C, mise au point sur le coin et, par suite, sur le filament (1). Immédiatement avant de former leur foyer, les rayons traversent un écran rouge foncé. L'image du filament se dessine ensuite sur une plaque photographique, sensibilisée pour la lumière transmise par l'écran. Par suite de l'absorption du coin, le noircissement de la photographie du filament décroît d'un bout à l'autre du cliché. Le développement étant supposé exécuté dans des conditions invariables, si le voltage aux bornes de la lampe a été réglé convenablement, le noircissement du cliché,

(1) Pour que les rayons concourant aux différents points de l'image du filament, sur le coin, pénètrent dans la chambre photographique C et couvrent la totalité de l'objectif, il convient d'ajouter une lentille supplémentaire, contre le coin, calculée de façon à donner une image nette de la première lentille, sur l'objectif de la chambre, cette image ayant la largeur voulue pour couvrir l'objectif en entier.

au point P qui correspond à la région d'absorption nulle du coin, peut être le même que celui de l'image d'une étoile de première grandeur, photographiée au foyer d'une lunette astronomique L, avec le même temps de pose, à travers un écran rouge et sur une plaque de même composition que ci-dessus. Adoptons ce voltage, pour actionner la lampe, et admettons que le coin porte des divisions espacées de telle sorte que l'intensité de la lumière qu'il transmet diminue dans le rapport $\frac{1}{2,5}$, caractérisant l'échelle des grandeurs stellaires, quand on passe d'un trait au suivant. Les images des traits de cette division, sur la plaque photographique, permettent de repérer, en partant du point P, les positions des points de l'image du filament de même noircissement que la photographie d'une étoile de première, de deuxième, de troisième, etc. grandeur ayant posé le même temps au foyer de la lunette L, ce temps étant d'ailleurs quelconque.

Au foyer de la lunette L, l'illumination produite par le ciel, en plein jour, possède un éclat intrinsèque dépendant du rapport $\rho$ de l'ouverture à la longueur focale de cette lunette. Supposons l'objectif de la chambre C choisi de façon que l'illumination produite par le ciel, à travers la glace G, sur la plaque photographique recevant l'image du filament, possède le même éclat que l'illumination produite par le ciel sur la plaque photographique disposée au foyer de la lunette L. Cette condition est facile à réaliser. Sans la faible perte de lumière, provoquée par le passage des rayons du ciel à travers la glace G, elle serait exactement remplie, en donnant la valeur $\rho$ au quotient de l'ouverture de l'objectif de la chambre C par la distance de l'objectif à la plaque sensible. Il résulte de ces dispositions que si l'on reçoit, dans la chambre photographique C, à la fois les rayons émanant du filament et ceux qui arrivent du ciel, en plein jour, les points de l'image du filament qui correspondent aux étoiles des diverses grandeurs possèdent, au point de vue photographique, par rapport à l'illumination du ciel, exactement les mêmes contrastes que les images des étoiles des mêmes grandeurs, au foyer de la lunette L.

Comme conséquence, pour trouver la grandeur d'étoile limite, susceptible d'être photographiée, en plein jour, à travers l'écran rouge, avec la lunette L, pas n'est besoin de faire l'expérience directe. Il suffit de photographier simultanément le ciel et le filament avec la chambre C, en exécutant une série de poses suffisamment rapprochées. A mesure que les temps de poses croissent, le fond des clichés, impressionné par le ciel, s'assombrit. Aussi arrive-t-il un moment où l'extrémité la moins sombre

de la photographie du filament, qui se noie dans ce fond, cesse de progresser en s'éloignant de l'extrémité la plus sombre et recule même, quand on dépasse un temps de pose limite. La photographie du filament qui possède la plus grande longueur fournit à vue la grandeur maximum d'étoile photographiable, en plein jour, avec la lunette L. Si $n$ est le nombre de divisions de l'image de l'échelle du coin exprimant la longueur de l'image photographique du filament, comprise entre le point P, correspondant à l'étoile de première grandeur, et l'extrémité qui s'évanouit dans le fond impressionné par la lumière du ciel, la grandeur cherchée est $n + 1$.

Cette méthode permet d'aborder l'étude de la pureté du ciel, au point de vue qui nous occupe, dans des stations quelconques, le poids et l'encombrement du matériel à emporter étant complètement insignifiants. Elle offre l'avantage d'éviter le transport toujours onéreux d'un équatorial, transport d'ailleurs impossible la plupart du temps, en haute montagne, à moins d'envisager des dépenses qui peuvent être consenties uniquement lors de la création d'une installation définitive.

Devant la nécessité de modifier mon programme de recherches, pour les raisons indiquées plus haut, je me suis borné à photographier le ciel, avec la chambre C, sans faire usage de la lampe. Dans les expériences, le rapport $\rho$ avait la valeur $\frac{1}{27}$ et la chambre était dirigée sur le ciel à 90° du Soleil. Les clichés obtenus (développés pendant 5 minutes dans un bain de diamidophénol de concentration normale, à la température de 18°) portent une faible trace d'impression, pour une pose de 8 minutes. A une pose de 16 minutes correspond une impression légère nettement visible qui se change en une teinte gris clair pour une pose de 32 minutes.

Afin de tirer parti de ces observations, j'ai déterminé la sensibilité des plaques spéciales Lumière, employées à travers l'écran rouge, par rapport à la sensibilité des plaques courantes de même marque utilisées sans écran. Des comparaisons faites à la lumière d'une lampe électrique, il résulte que pour obtenir le même noircissement, dans les deux cas, il faut poser 600 fois plus longtemps pour les plaques spéciales que pour les secondes.

Or, avec un objectif d'ouverture moyenne, comme celui de l'instrument de la carte du ciel ($0^{m},33$), le temps de pose nécessaire pour photographier une étoile de première grandeur n'atteint pas 0,03 seconde [1]. Elle pourrait

[1] Six minutes suffisent à Paris, pour les étoiles de douzième grandeur, ce qui implique un temps de pose descendant à $0^{s},015$ pour la première grandeur. Cette durée

donc être photographiée à travers l'écran rouge, sur plaque spéciale, en moins de 18 secondes. D'autre part, dans les expériences citées plus haut, la plaque n'ayant été que légèrement impressionnée par la lumière du ciel, en 32 minutes [1], si la couche sensible à la lumière rouge avait reçu en même temps, à travers l'écran, l'image d'une étoile nécessitant une pose de 32 minutes en pleine nuit, cette étoile aurait marqué une trace sur le cliché. D'après les données numériques ci-dessus, une pareille étoile est au moins de 6ᵉ grandeur.

Ainsi, dans les conditions atmosphériques où j'ai opéré, une lunette d'ouverture moyenne aurait permis de photographier, en plein jour, des étoiles de 6ᵉ grandeur au moins. Ce résultat provisoire incite à pousser jusqu'au bout les recherches commencées. Il comporte l'aléa inhérent à la comparaison des sensibilités de plaques photographiques.

Les photographies dont il vient d'être question ont été exécutées par un ciel qui paraissait pur. Cependant l'air était chargé de cristaux de neige détachés de la montagne des Bosses et entraînés par un vent violent. La présence de ces cristaux était rendue manifeste, en regardant dans la direction du Soleil, après avoir masqué le disque avec la main. On apercevait ainsi une multitude de petits éclairs, dus à la réflexion de la lumière solaire sur les faces des cristaux en mouvement. Cette circonstance m'a empêché d'exécuter des essais photographiques, sur la région du ciel avoisinant le Soleil, dont le fond était dépourvu de toute trace d'illumination trahissant la proximité de l'astre.

PHYSIQUE. — *Sur les propriétés mécaniques des corps plastiques. Importance de la réactivité.* Note [2] de MM. **Henry** et **François Le Chatelier.**

Les déformations mécaniques réversibles, c'est-à-dire celles qui s'annulent avec la force qui leur a donné naissance, présentent deux phases successives.

---

est d'ailleurs plus faible dans les observatoires bien situés au point de vue atmosphérique. Tel serait particulièrement le cas dans un observatoire de haute montagne, en prenant soin de maintenir les plaques à la température ordinaire pendant la pose. Cette précaution a d'ailleurs été prise au cours des recherches présentes.

(1) Cette observation a été faite, le 6 septembre, 1 heure 45 minutes avant le coucher du Soleil.

(2) Séance du 4 octobre 1920.

Tout corps sollicité par une force pendant un temps très court subit une déformation instantanée qui disparaît complètement et immédiatement avec la force mise en œuvre. C'est l'*élasticité instantanée*.

En laissant, au contraire, la force continuer son action, de nouvelles déformations se produisent, qui croissent avec le temps, mais de plus en plus lentement, et semblent tendre asymptotiquement vers une limite déterminée. Après suppression de la force, il se produit d'abord une déformation instantanée, égale et de signe contraire à celle du début, mais insuffisante pour ramener le corps à ses dimensions primitives. En abandonnant alors le corps à lui-même, la régression continue et la déformation tend dans certains cas à disparaître complètement. Cette seconde phase de la déformation réversible, qui est fonction du temps, a été désignée par M. Bouasse sous le nom d'*élasticité subpermanente* ou *réactivité*.

Dans le cas des métaux ordinaires, pris à la température ambiante, la réactivité est extrêmement faible par rapport à l'élasticité instantanée. Pour mettre en évidence ces déformations lentes, M. Bouasse opérait par torsion sur des fils très fins et très longs, capables de supporter des torsions de plusieurs circonférences sans prendre de déformation permanente. Ce phénomène, certainement très curieux au point de vue scientifique, paraissait trop faible pour présenter un intérêt pratique quelconque.

Au cours de recherches sur les propriétés des verres, à leur température de recuit, et sur la plasticité de l'acier, à la température de forgeage, nous avons reconnu que ce phénomène de la réactivité prenait une importance considérable aux températures élevées, amenant des déformations de l'ordre de grandeur de celles de l'élasticité instantanée et même bien supérieures.

Le tableau et les figures suivantes donnent les résultats des mesures (déplacement d'un spot lumineux produit par un miroir sphérique sur une règle divisée) faites par torsion sur une baguette de verre ordinaire de laboratoire, d'environ $6^{mm}$ de diamètre, et sur une barre d'acier doux à 0,1 de carbone de $5^{mm}$ de diamètre.

Les éprouvettes ont été soumises pendant la première demi-heure à un couple moteur, et abandonnées à elles-mêmes pendant la demi-heure suivante :

| Temps en minutes. | | Verre à 540°. | Acier doux à 825°. |
|---|---|---|---|
| | Couple moteur....... | 1750 | 1120 g : cm. |
| | Tension à la surface.. | 0,4 | 0,4 kg : mm². |
| | | mm | mm |
| 0 | avant charge.................. | 0 | 0 |
| | après charge.................. | 11,25 | 18 |
| 15 | ............................ | 24 | 94 |
| 30 | avant décharge............... | 29,5 | 144 |
| | après décharge............... | 16,25 | 127 |
| 45 | ............................ | 10,25 | 68,50 |
| 60 | ............................ | 8,25 | 57 |

On peut, d'après ces chiffres, dresser le tableau des grandeurs relatives des diverses sortes de déformations, en les rapportant à la déformation élastique instantanée prise égale à 100.

Les couples moteurs, tensions et durées d'expérience sont les mêmes que précédemment.

| | Verre. | Acier extra-doux. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 540°. | 670°. | | | 825°. | 935°. | |
| Élasticité instantanée........ | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| » subpermanente..... | 130 | 63 | 43 | 43 | 340 | 270 | 180 |
| Déformation résiduelle...... | 1300 | 64 | 43 | 70 | 250 | 480 | 310 |

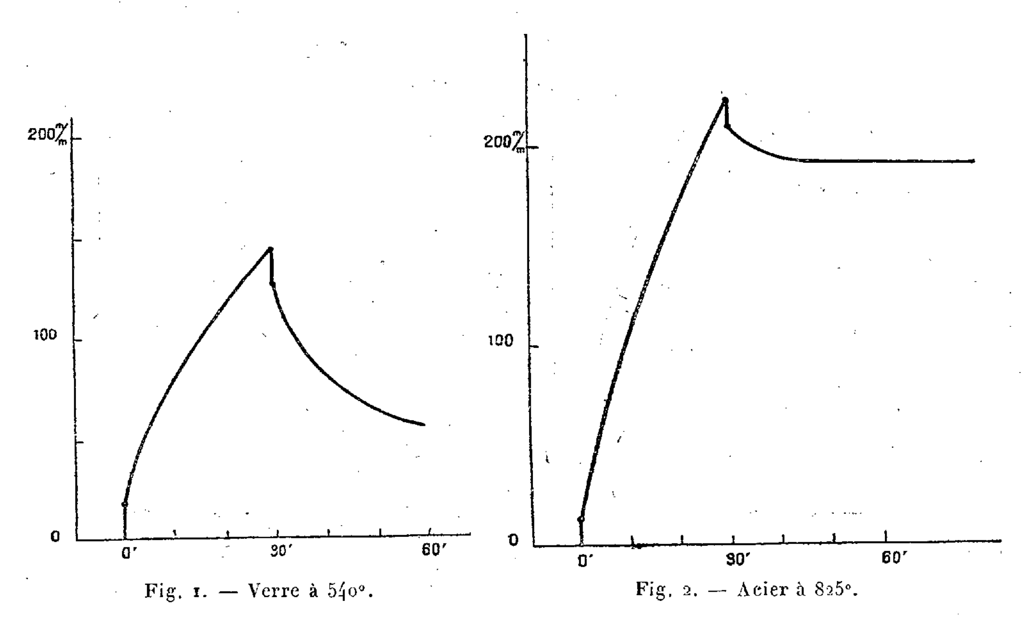



Fig. 1. — Verre à 540°.

Fig. 2. — Acier à 825°.

Les divergences, observées entre les résultats d'un même groupe d'expériences, montrent une fois de plus l'influence, mise en lumière par

M. Bouasse, des traitements mécaniques antérieurs subis par le métal sur ses propriétés actuelles.

Il semble résulter de l'allure des courbes que, à 670°, on aurait observé, en prolongeant plus longtemps les mesures, le retour complet aux dimensions initiales; la déformation par élasticité subpermanente aurait été un peu plus considérable que celle par élasticité instantanée; la déviation résiduelle se serait annulée. Pour le verre à 540° et pour l'acier à 825°, au contraire, il n'y a pas de retour aux dimensions initiales, après suppression de l'effort. La déformation subpermanente initiale, à vitesse décroissante, s'est prolongée par des déformations visqueuses à vitesse constante.

Ces expériences conduisent à la conclusion générale suivante :

Aux températures assez élevées et sous l'action de forces assez faibles pour éviter l'écrouissage par déformation, le verre, l'acier, et sans doute beaucoup d'autres corps plastiques, prennent successivement trois sortes de déformations :

1° Une déformation élastique instantanée qui disparaît immédiatement après la suppression de l'effort;

2° Une déformation subpermanente, dont l'ordre de grandeur est comparable à celui de la déformation instantanée; elle se produit lentement, et disparaît de même lentement après suppression de l'effort;

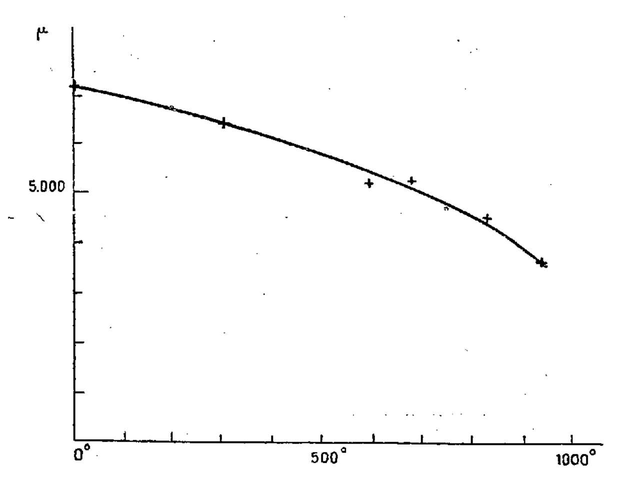


Fig. 3. — Variation du module de Coulomb.

3° Enfin, une déformation visqueuse, continuant la déformation subpermanente; elle se produit avec une vitesse constante, et ne disparaît pas après la suppression de l'effort. La vitesse de cette déformation varie,

comme l'a montré Maxwell, proportionnellement aux couples et suivant une fonction exponentielle de la température. Elle peut devenir assez faible à froid pour échapper aux mesures, et l'on n'observe plus alors que les deux déformations élastiques; assez considérable aux températures élevées pour interdire toute mesure d'élasticité dans la période de fusion pâteuse.

Nous avons pu suivre, au cours de ces expériences, la variation du coefficient d'élasticité instantanée en fonction de la température. La figure 3 donne, pour la barre d'acier extra-doux dont nous avons étudié la réactivité, la variation du module de Coulomb. Bien que la valeur absolue de ce module ait été déterminée avec une faible précision, les expériences montrent cependant nettement que ce module décroît d'une façon très régulière avec la température. A partir de 800°, la rapidité de la déformation du métal rend les mesures difficiles, les valeurs données sont des minima; il est donc possible que la loi de variation du module soit linéaire.

Pour les aciers durs, il se produirait un changement brusque du module d'élasticité en passant par le point de transformation.

M. P. Marchal fait hommage à l'Académie du Tome 6 (1918) des *Annales du Service des Épiphyties* et d'un Mémoire extrait de ce volume, dont il est l'auteur, intitulé : *Les traitements arsenicaux et les traitements mixtes des arbres fruitiers.*

Le Prince Bonaparte fait hommage à l'Académie d'un Mémoire dans lequel il étudie et identifie les *Fougères* et les *Lycopodes* récoltés en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalti par MM. F. Sarasin et J. Roux, au cours de leur voyage de 1911. Les espèces sont au nombre de 79 et les variétés de 11 dont 3 sont nouvelles. Cinq photogravures représentent les principales espèces dans l'état où on les rencontre sur le terrain.

## CORRESPONDANCE.

M. Sauvageau adresse des Rapports relatifs à l'emploi qu'il a fait des subventions qui lui ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte* en 1912, 1914 et 1916.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Histoire naturelle des Nématodes de la Berbérie.* Première Partie, par L.-G. Seurat.

2° Le fascicule 55 des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, par Albert Ier, prince souverain de Monaco : *Madréporaires*, par Ch. Gravier. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

3° *Tables du mouvement keplérien,* par F. Boquet. Première Partie. Ouvrage publié à l'aide d'une subvention sur la Fondation Loutreuil. (Présenté par M. Andoyer.)

4° *Les lois scientifiques de l'éducation respiratoire*, par Jules Amar. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Correcteur de route; nouvelle méthode de navigation aérienne à l'estime.* Note de M. **Le Prieur**, présentée par M. Rateau.

Le nouveau correcteur de route, objet de cette Note, résout le problème général de la navigation aérienne à l'estime, c'est-à-dire celui qui consiste à se rendre en ligne droite d'un point à un autre en corrigeant automatiquement la route des écarts dus au vent, l'aéronef étant supposé muni d'une boussole compensée.

Cet appareil est basé sur l'observation de la dérive à deux caps différents. Un report graphique de ces deux dérives permet immédiatement de déterminer *le vent régnant* en force et direction. Le cap à suivre s'en déduit alors très facilement.

*Détermination de la dérive.* — La méthode uniquement employée jusqu'ici consiste à observer le sol à travers un réseau de fils parallèles que l'on oriente dans le sens du déplacement apparent des points du sol. Cette méthode toute théorique se heurte dans la pratique à de grandes difficultés : *roulis, tangage et surtout embardées.*

Avec le nouveau correcteur de route, la dérive est obtenue à l'aide d'un appareil auxiliaire *le dérivographe* qui, grâce à un enregistrement graphique, donne la *dérive moyenne* et élimine ainsi très simplement les difficultés et les causes d'erreur indiquées plus haut.

L'observateur vise un point quelconque du sol au moyen d'une ligne de

mire reliée, par un parallélogramme articulé, à un crayon que l'on peut appuyer à volonté sur une feuille de papier posée sur une planchette horizontale. A chaque fois que le point est vu exactement sur la ligne de mire, l'observateur appuie sur son crayon. Il marque ainsi sur la feuille une ligne pointillée qui enregistre fidèlement les déplacements relatifs de l'aéronef et du sol. Plus les mouvements de roulis, de tangage et de lacet sont accentués, plus cette ligne est sinueuse; mais son inscription se fait toujours sans difficultés, sans tâtonnements, et la direction de la dérive moyenne se déduit à simple vue de l'aspect de la ligne pointillée. Ce procédé ne demande qu'un temps très court. Même en visant successivement trois ou quatre points du sol pour accumuler les renseignements, il ne faut pas plus de *deux minutes* pour obtenir la dérive moyenne d'une manière très précise (à moins de 1° près).

*Cas particulier*. — Supposons maintenant que la planchette d'enregistrement soit placée non pas horizontalement, mais verticalement et dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'aéronef, l'observateur étant dans l'axe et face à l'arrière. S'il vise l'horizon, il tracera une ligne horizontale. S'il vise ensuite le plan axial (la queue) de l'aéronef, il tracera une ligne verticale.

Ceci posé, s'il vise maintenant des points du sol, il obtiendra des pointillés qui viendront tous couper la ligne d'horizon en un même point de convergence, leque n'est autre que le *point de fuite* des lignes parallèles représentées par le déplacement relatif de tous les points du sol par rapport à l'observateur. L'écart entre ce point et la ligne verticale *mesure exactement la dérive*. D'où un nouveau moyen pour déterminer la dérive et, par suite, la route corrigée. Ce procédé sera particulièrement intéressant lorsque la région survolée sera masquée par des nuages, mais que, cependant, du côté de l'horizon, des points seront visibles.

*Correcteur de route*. — L'aéronef navigant successivement à deux caps différents, les dérives obtenues à ces deux caps par le dérivographe permettent de tracer sur une feuille de papier circulaire, représentant la rose des vents et portée par le correcteur, deux droites dont l'intersection donne l'extrémité du vecteur *vent régnant*, son origine étant le centre de la rose des vents.

Le vent est ainsi déterminé dans la pratique en moins de cinq minutes et la route corrigée s'en déduit instantanément. Elle est transmise automatiquement à un répétiteur manœuvré par câble flexible et placé sous les yeux du pilote.

*Conclusion*. — En résumé, cette méthode qui vient de faire ses preuves dans un essai très concluant effectué en avion, de Villacoublay à Melun et retour, le 28 août dernier, permet d'envisager la navigation aérienne dans

des conditions de sécurité inconnues jusqu'à ce jour. Au fur et à mesure que se déroule le voyage, il est possible d'enregistrer les variations du vent régnant dans les couches atmosphériques traversées et d'*en déduire immédiatement la correction de route* qui s'impose. Il suffit pour cela de distinguer des points du sol *sans qu'il soit besoin, en quoi que ce soit, d'identifier la position de ces points sur la carte*. Pour les voyages au dessus de la mer, on utilisera de petites bouées au phosphure, lâchées à intervalles réguliers, donnant des repères très faciles à viser.

La sécurité de fonctionnement de l'appareil n'est liée à aucun mécanisme délicat. Il est toujours prêt à fonctionner. Enfin la méthode graphique, dont il utilise les précieux avantages, permet de conserver de la navigation effectuée un contrôle des plus intéressants, ainsi que de précieux renseignements météorologiques.

ASTRONOMIE. — *Correction des coordonnées lunaires, déduites des observations de l'éclipse annulaire de Soleil du* 3 *décembre* 1918 *faites à Montevideo* (*République de l'Uruguay*). Note de M. **Joseph Llambias de Olivar**, présentée par M. Bigourdan.

La méthode employée consiste à mesurer avec le plus grand soin, sur la plaque photographique obtenue pendant la phase annulaire de l'éclipse, la distance des cercles de déclinaison qui passent par les centres du Soleil et de la Lune à l'instant d'impression de la plaque, et de comparer avec la même différence tirée de la *Connaissance des Temps*. La différence des deux valeurs représente évidemment la correction de la déclinaison lunaire des éphémérides.

La distance des cercles d'ascension droite mesurée sur la plaque et comparée avec la même différence calculée aussi par la *Connaissance des Temps* donne de même la correction correspondante des Tables.

On a mesuré sur les plaques les diamètres du Soleil (¹) et de la Lune, et calculé leur relation en partant du diamètre d'Auwers, ce qui donne le diamètre lunaire.

La comparaison avec le diamètre d'Oudemans donna la correction du diamètre adopté pour les éclipses.

(¹) Le diamètre du Soleil sur la plaque fut trouvé de $159^{mm},15$, la valeur de $1^{mm}$ étant de $12'',25$.

Les mesures des distances des bords solaire et lunaire me furent envoyées par le P. Ubach, délégué de l'Observatoire de l'Èbre pour l'observation de l'éclipse à Sud-America, et furent tirées de la plaque n° 15 ($18^{cm} \times 24^{cm}$), impressionnée à $3^h 6^m 59^s$ T. M. G., dont l'heure d'impression fut donnée par le Service horaire du Bureau géodésique de la République Argentine.

L'ascension droite, la déclinaison, le diamètre lunaire et les parallaxes ont été calculés par les formules rigoureuses de l'Astronomie sphérique, et les calculs ont donné les corrections suivantes, respectivement pour l'ascension droite, la déclinaison et le diamètre d'Oudemans :

$$+0^s,79, \qquad +0'',62, \qquad +0'',18.$$

Ces corrections sont tout à fait d'accord avec celles déterminées par le P. Ubach et communiquées à l'Académie dans sa Note du 7 juillet 1919.

Des comparaisons analogues ont été aussi tirées des observations faites à Montevideo par les différentes Commissions qui ont observé la même éclipse.

Le phénomène du ligament noir eut une durée de 26 secondes. (Dans ma brochure publiée à l'occasion de cette éclipse, le 8 février 1919, j'avais calculé une durée de 10 secondes. Les communications plus précises reçues plus tard prouvent que cette durée fut de 26 secondes.)

La durée de la phase annulaire *observée* fut de 17 secondes plus longue que la phase calculée (les coordonnées du lieu d'observation étant $-34°54'37''$ et $3^h 44^m 47^s$ W de Greenwich, au nord de la ligne centrale de l'éclipse).

Ces 17 secondes sont imputables aux erreurs de déclinaison et du diamètre lunaire.

Le premier contact intérieur fut enregistré avec 28 secondes d'avance et le second intérieur avec 11 secondes seulement, aussi d'avance.

En faisant la correction de ces 17 secondes par moitié dans chacun des deux contacts, j'obtins définitivement l'erreur d'ascension droite représentée par une avance de $19^s,50$ :

| | |
|---|---|
| Avec le 1er contact intérieur............... | $28^s - 8^s,50 = 19^s,50$ |
| » 2e » ............... | $11^s + 8^s,50 = 19^s,50$ |

Faisant alors la comparaison des trois avances obtenues par trois méthodes différentes, nous aurions :

| | |
|---|---|
| Avec la méthode exposée ci-dessus..................... | $21^s,35$ |
| » du P. Ubach......................... | $20^s,30$ |
| D'après les observations faites à Montevideo............ | $19^s,50$ |

La valeur moyenne des trois résultats serait de $20^s,38$.

Mais, pour arriver au résultat indiqué de $19^s,50$, il faut que l'instant du premier contact intérieur soit enregistré à l'apparition du premier rayon de lumière, avant la formation du ligament noir, et le second contact intérieur à la fin du même, c'est-à-dire à la disparition du dernier rayon de lumière.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *La loi de distribution des masses dans le système solaire et l'origine des petites planètes.* Note (¹) de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

On n'a jamais expliqué comment les planètes sont divisées en deux groupes composés l'un de 4 planètes denses et de faible masse, l'autre de 4 planètes légères de grande masse. Mais le fait que ces deux groupes sont séparés par la zone des astéroïdes montre que c'est par le problème de leur origine qu'on peut attaquer celui de la distribution des masses.

Dans une Note antérieure (²) j'ai étudié la distribution sur un plan perpendiculaire à l'écliptique des aphélies des petites planètes. Elle présente une singularité non encore expliquée : les aphélies de Vesta, Cérès et Junon, les principales des petites planètes, sont presque en ligne droite, dessinant une courbe de faible convexité vers l'écliptique, avec tangente faisant à la distance de Cérès un angle de 30° avec l'écliptique. Quand on franchit cette tangente vers l'écliptique, la densité numérique des petites planètes double subitement, comme si la matière ayant contribué à leur formation avait présenté une discontinuité le long de cette ligne.

Pour expliquer ce fait singulier, précisons les phénomènes physiques produits dans la nébuleuse par le choc du protosoleil (ou soleil primitif). La Nova solaire projette ses radiations à une température T, s'abaissant rapidement de 15000° environ à 7500° d'après les mesures récentes de Nordmann : la pression de radiation proportionnelle à $T^4$ atteint les matériaux hétérogènes de la nébuleuse et agit sur eux différemment suivant qu'ils sont noirs et denses (oxydes, sulfures, carbures de la série du fer, densité 5 à 8) ou blancs, réfléchissants et légers comme des vésicules d'eau. A grosseur égale des particules de l'ordre de $\mu$, la répulsion sera 10 à 16 fois plus faible pour les premiers que pour les seconds, en sorte que les maté-

(¹) Séance du 11 octobre 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1460.

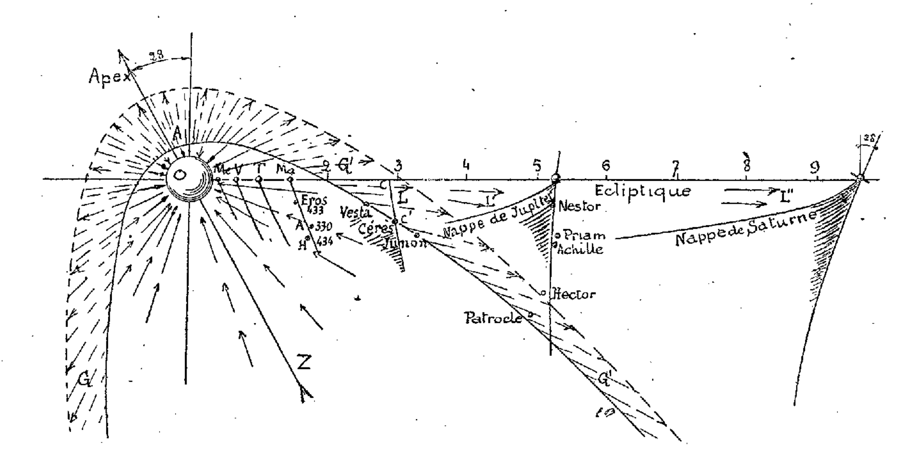
riaux lourds obéiront à l'attraction malgré la force répulsive, tandis que les autres seront réellement repoussés.

Ainsi autour de la trajectoire ZO du protosoleil vers l'apex se produira un triage sélectif des particules de la nébuleuse, déterminant une surface de discontinuité en forme de paraboloïde de révolution à l'intérieur duquel pénétreront seulement les matériaux lourds F, les autres LL″ étant rejetés au delà. Les matériaux légers s'accumuleront plus en avant de la trajectoire que sur les côtés et leur trajectoire ira d'autant plus loin du protosoleil en L″ qu'ils sont plus légers.

La courbe VCJ de discontinuité reconnue dans la carte des aphélies des petites planètes n'est autre qu'un élément de la parabole méridienne du paraboloïde dont le foyer est évidemment en O. Cette parabole a pour équation

$$y^2 = 2,28x \quad \text{(en u. a.)},$$

la distance AO du sommet au foyer étant 0,525 u. a. Cette parabole passe très près de la position de Patrocle, la petite planète du groupe des Troyens la plus éloignée de l'écliptique.




L'origine des petites planètes s'explique alors aisément : la gaine GG′ de matériaux légers L repoussés agit sur la nappe CC′ soit comme une résistance de milieu diminuant les vitesses orbitales des molécules (aphélies au-dessous de CC′), soit pour les matériaux L′ plus légers repoussés plus loin, comme une impulsion radiale portant les aphélies au delà de CC′.

Ainsi s'explique la dispersion des petites planètes entre les distances

2 et 4 : on peut conclure de là que les petites planètes augmentent progressivement de densité quand leur distance aphélie est de plus en plus faible.

Les nappes de Mars, la Terre, Vénus et Mercure circulent, au contraire, à l'intérieur du paraboloïde, dans un espace FF vidé de matériaux légers par la force répulsive : ces planètes auront peu de masse et une forte densité. A l'extérieur du paraboloïde, les nappes des planètes Jupiter et Saturne capteront les masses qui sont repoussées d'autant plus loin qu'elles sont plus légères : ce qui explique les grandes masses de ces planètes et leurs faibles densités (1,36 — 0,70).

On voit pourquoi une loi de distribution des masses ne peut s'appliquer aux planètes intérieures. A partir de Jupiter, les masses $m$ condensées à la distance $r$ seront proportionnelles à la vitesse $\omega r$ sur l'orbite, à la quantité de matière qui la traverse vers le Soleil, c'est-à-dire à $\omega r$, et à la densité de cette matière qu'on peut prendre variant comme $\frac{1}{r}$ puisque à cause de la force répulsive, elle varie moins vite que dans une nébuleuse sphérique gazeuze $\frac{1}{r^2}$; finalement $m$ sera proportionnelle à $\omega^2 r$ qui dans une orbite planétaire est égale à $\frac{M}{r^2}$; *en un mot les masses m condensées à la distance r sont proportionnelles à l'attraction* $\frac{M}{r^2}$ *du Soleil :* le Tableau suivant donne la vérification de cette loi :

*Loi de distribution des masses* $m = 0,02584 \frac{M}{r^2}$.

| | Jupiter. | Saturne. | Uranus. | Neptune. | $\frac{1}{2}(U+N)$. | Soleil. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m$ obs.. | 318,36 | 95,22 | 14,58 | 17,26 | 15,92 | 333432 | |
| $m$ calc.. | 318,36 | 94,39 | 23,33 | 9,50 | 16,41 | 333432 | $(r_1 = 0,1607)$ |

La loi de distribution ne s'applique qu'à la moyenne des masses d'Uranus et de Neptune : le sens des anomalies des distances de ces planètes vis-à-vis de la loi des distances pouvait faire prévoir les anomalies de leurs masses. Si dans le protosoleil dont le rayon d'après la loi des distances a été 0,29 u. a. la densité avait varié comme $\frac{1}{r^2}$, le rayon moyen de sa matière eût été 0,145. Mais la densité ne peut être infinie au centre : il faut donc prendre une distance moyenne au centre $r_1 = 0,1607$ un peu supérieure à 0,145.

L'origine des comètes peut être dans les masses légères condensées à la surface du paraboloïde LL lorsqu'elles sont retombées vers le Soleil dans

des directions fortement inclinées sur l'écliptique. Une autre conséquence est que la faible densité de Jupiter et de Saturne n'est pas due à leur formation récente, mais à leur forte teneur en matériaux légers dont les a enrichies la force répulsive de la Nova solaire.

Par le même mécanisme de sélection des matériaux nébuleux autour d'une trajectoire stellaire, peuvent s'expliquer les routes sombres que l'on observe dans la Voie lactée ou dans les nébuleuses, comme aussi les nébulosités entourant à grande distance les Novæ.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Temps et température de formation d'un ensemble d'astres dans une nébuleuse homogène indéfinie.* Note de M. **Alex. Véronnet**, présentée par M. B. Baillaud.

Nous avons étudié les formules qui donnent le temps et la température de formation d'un astre isolé dans une nébuleuse homogène indéfinie [1]. Au lieu d'un seul centre d'attraction, nous en supposerons un nombre quelconque, de masses égales et quelconques, réparties uniformément à des distances de l'ordre de celles des étoiles. Chaque centre est entouré de surfaces équipotentielles sensiblement sphériques. Considérons l'attraction sur la ligne des centres de deux d'entre eux; on a, $d$ étant leur distance,

$$\gamma = -f\frac{m}{r^2} + f\frac{m}{(d-r)^2} = -f\frac{m}{r^2}\left(1 - \frac{r^2}{(d-r)^2}\right) = -f\frac{m}{r^2}\beta.$$

Les autres centres étant disposés symétriquement par rapport à cette ligne, cette formule donne une représentation assez exacte de l'attraction moyenne autour d'un centre. Si nous reprenons l'étude du temps de chute pour un élément situé à la distance $r$, nous voyons qu'il suffit, dans la formule, de remplacer $m$ par $m\beta$. On obtient

$$t\sqrt{4\pi f\rho} = \operatorname{Log} 1{,}226\pi\frac{\rho r^3}{m\beta},$$

$$\frac{T^4}{T_1^4} = \sqrt{4\pi f\rho}\, f\frac{DM}{3q_1}B, \qquad B = \frac{3(r_0 - r)(2r_0 - r)}{3(r_0 - r)(2r_0 - r) + r^2},$$

$r_0$ étant la distance où l'attraction devient nulle et B un terme nouveau introduit par $\beta$. On trouve ici que *la vitesse et la température de formation*,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 140 et 1565.

*nulles au début et au centre de l'astre, croissent jusqu'à un maximum, pour décroître ensuite et tendre vers zéro.*

Si l'on regarde la densité de l'astre formé comme homogène, le rayon de la couche formée est proportionnel à $r$, son rayon primitif dans la nébuleuse. Le maximum de température, maximum de $Br^3$ a lieu alors aux 8 dixièmes du rayon (exactement 0,795). En supposant la matière du Soleil dispersée primitivement dans un rayon de 100000 fois la distance du Soleil, ce maximum de température serait de 7850°, au lieu de 10500° dans le cas d'un astre isolé. Le maximum d'extension de la nébuleuse solaire, qui donnerait une température de formation égale à la température actuelle, serait de 200000 fois la distance du Soleil. Enfin avec une extension de 10000 fois cette distance seulement, on aurait 15000° et un rayon de 1,36, au lieu de 20000°.

Les températures sont relatives à la température effective de la surface rayonnante, ou de la photosphère, que l'on a prise égale à 6000° actuellement pour le Soleil. La surface du noyau sensiblement homogène se trouverait au-dessous à environ $50^{km}$ ou $100^{km}$ au plus ([1]). En admettant ici un équilibre adiabatique, l'accroissement de température serait environ de 1° par $50^m$, ce qui donne 1000° ou 2000° de plus à la surface du noyau qu'à la surface de la photosphère. La surface de formation réelle serait précisément celle du noyau, plutôt que celle de la surface rayonnante. D'ailleurs les relations réciproques des deux surfaces varieraient peu, au moins pendant la plus grande partie de la formation, et les nombres trouvés seraient simplement augmentés de 3 dixièmes seulement. Le maximum de température interne serait de 10500° et de 20000° dans les deux cas cités plus haut. Ce sont précisément les températures superficielles dans le cas d'un astre isolé.

En appliquant la formule ci-dessus à *Jupiter et à la Terre on trouve que leur température de formation serait de* 5,74 *et* 17,1 *fois plus petite que celle du Soleil, ce qui donnerait* 3500° *et* 1200° *en attribuant* 20000° *au Soleil.* Ces températures doivent être en réalité plus élevées, car pour les masses faibles l'épaisseur de l'atmosphère est relativement plus grande et il y a plus de différence entre la température de la surface de formation et la température moyenne de rayonnement.

Nous trouvons ici un maximum de température dans la vie des astres. Mais c'est un maximum bien différent de celui qu'avait supposé N. Lockyer.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 722-725.

C'est un maximum de formation et non de condensation. Dans la suite de son évolution la température de l'astre ne peut que diminuer. J'ai étudié ailleurs le maximum de température que pourrait présenter un astre gazeux en équilibre au cours de son évolution (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 679). Ce maximum est bien au-dessus du maximum de formation. Aucun astre ne peut l'atteindre et tous se refroidissent en rayonnant. La distinction entre étoiles naines et géantes, si elle est objective, doit être cherchée ailleurs.

Autour de chaque centre on aura une zone d'attraction nulle. Le temps de chute des éléments situés jusqu'à la distance 0,9 de cette zone ne serait augmenté que de trois millions d'années. Au delà l'action du centre est de plus en plus lente. Comme ce centre a dû se déplacer, ces éléments de la zone neutre, attirés trop tard, ont pu ne pas se réunir au centre et accomplir leur révolution même loin de lui, comme des comètes lointaines. Leur masse pourrait même égaler celle des étoiles et des planètes condensées.

PHYSIQUE. — *Spectres d'étincelle de quelques éléments dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

Nous avons décrit précédemment ([1]) le spectrographe à prisme de fluorine, qui nous permet d'obtenir les spectres d'étincelles éclatant dans l'hydrogène à la pression atmosphérique, et nous avons donné ([2]) un certain nombre de raies nouvelles du cadmium, du bismuth, du nickel et de l'argent dans la région de Schumann. La présente Note a pour objet de faire connaître ou de compléter, entre 1850 et 1400 U.A., les spectres d'étincelle de l'antimoine, de l'arsenic, du bismuth et de l'étain.

I. *Antimoine*. — Le spectre de l'antimoine n'a donné lieu jusqu'ici à aucune mesure dans l'ultraviolet extrême. Il présente pourtant dans cette région un grand nombre de raies nettes et intenses. Voici la liste des raies que nous avons obtenues en utilisant des électrodes de métal pur. Dans cette liste, comme dans les suivantes, les accolades mises en regard de certaines raies indiquent seulement qu'il s'agit de groupes remarquables, faciles à retrouver sur les clichés :

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 226.
([2]) *Ibid.*, p. 320.

| Intensité. | λ. | Intensité. | λ. |
|---|---|---|---|
| 3 | 1869,6 | 2 | 1730,4 |
| 2 | 1838,5 | 3 | 1725,1 |
| 1 | 1832,8 | 4 | 1711,6 |
| 1 | 1829,1 | 1 | 1678,0 |
| 1 | 1821,3 | 3 | 1674,0 |
| 1 | 1817,6 | 2 | 1667,1 |
| 2 | 1813,5 | 1 | 1634,5 |
| 1 | 1809,6 | 3 | 1600,3 |
| 2 | 1799,7 | 3 | 1584,5 |
| 1 | 1787,3 | 3 | 1565,6 |
| 1 | 1780,2 | 1 | 1554,3 |
| 4 | 1761,5 | 1 | 1540,6 |

II. *Arsenic.* — Le spectre de l'arsenic, nouveau également, se compose de raies souvent faibles et diffuses, dont quelques unes ne permettent que des mesures médiocres. Les deux raies intenses caractéristiques de l'arsenic dans la région de Schumann ont pour longueur d'onde 1805,6 et 1660,8.

| Intensité. | λ. | Observations. | Intensité. | λ. | Observations. |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1854,4 | | 1 | 1644,0 | très faible |
| 2 | 1850,6 | | 1 | 1634,0 | |
| 2 | 1847,7 | | 1 | 1630,9 | |
| 3 | 1844,3 | | 1 | 1621,5 | |
| 1 | 1831,1 | | 2 | 1616,7 | |
| 5 | 1805,6 | | 1 | 1614,8 | |
| 2 | 1789,1 | diffuse (double?) | 2 | 1612,3 | |
| 2 | 1781,4 | | 1 | 1608,7 | |
| 1 | 1772,5 | très faible | 1 | 1600,6 | diffuse |
| 3 | 1758,2 | | 2 | 1593,4 | |
| 2 | 1741,6 | | 1 | 1588,35 | |
| 2 | 1739,4 | | 2 | 1574,7 | |
| 1 | 1732,8 | | 1 | 1571,7 | |
| 1 | 1729,8 | | 1 | 1565,0 | très diffuse (double?) |
| 1 | 1701,1 | | 1 | 1558,4 | très diffuse (double?) |
| 4 | 1660,8 | | | | |

III. *Étain.* — Le spectre d'étincelle de l'étain est assez pauvre en raies. Il a été mesuré par Handke jusqu'à la longueur d'onde 1700,1 ; récemment Mac Lennan, Ainslie et Fuller ont fait connaître le spectre *d'arc* de l'étain jusque vers 1400. Nous avons retrouvé en deçà de 1700 les raies les plus intenses du spectre de Handke, et au delà de 1500 notre spectre d'étincelle coïncide avec le spectre d'arc donné par Mac Lennan. Entre 1700 et 1500

nous avons observé quatre raies nouvelles, marquées d'un astérisque dans la liste ci-dessous.

| Intensité. | λ. | Observations. | Intensité. | λ. | Observations. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5......... | 1830,3 | peu précis | 2......... | 1574,6* | |
| 6......... | 1810,1 | peu précis | 3......... | 1570,6* | |
| 5......... | 1757,0 | | 3......... | 1489,6 | |
| 3......... | 1699,0 | | 4......... | 1475,6 | |
| 1......... | 1655,3* | | 2......... | 1437,9 | double |
| 1......... | 1656,9* | | 2......... | 1401,1 | double |

IV. *Bismuth.* — Nous avons indiqué (¹) que ce métal possède des raies nombreuses et intenses jusque dans l'ultraviolet le plus lointain. Ces raies ont pu être mesurées par interpolation entre les raies étalon de l'aluminium et du mercure. Le Tableau suivant représente le spectre complet du bismuth entre 1823 et 1390. La première colonne est la reproduction de la liste que nous avons déjà publiée (²), la seconde contient les raies déterminées récemment dans la région extrême.

| Intensité. | λ. | Intensité. | λ. |
|---|---|---|---|
| 4........... | 1823,5 | 3........... | 1538,3 |
| 1........... | 1796,2 | 1........... | 1537,2 |
| 4........... | 1791,8 | 4........... | 1533,5 |
| 4........... | 1787,0 | 2........... | 1521,0 |
| 4........... | 1776,7 | 2........... | 1503,1 |
| 1........... | 1749,7 | 3........... | 1487,4 |
| 3........... | 1682,2 | 3........... | 1462,7 |
| 2........... | 1671,0 | 4........... | 1455,7 |
| 3........... | 1611,4 | 1........... | 1448,5 |
| 1........... | 1609,6 | 1........... | 1434,6 |
| 3........... | 1606,3 | 4........... | 1424,0 |
| 2........... | 1601,4 | 2........... | 1394,4 |
| 2........... | 1591,7 | 1........... | 1390,9 |
| 2........... | 1573,9 | | |
| 2........... | 1564,0 | | |
| 2........... | 1553,3 | | |

(¹) *Loc. cit.*, p. 321.

(²) Après suppression de deux raies attribuables à l'étain.

PHYSIQUE. — *Sur la chaleur spécifique des vapeurs saturées aux basses températures.* Note [1] de M. G. BRUHAT, transmise par M. J. Violle.

Dans une Note récente [2], M. Ariès discute certains des résultats que j'ai indiqués [3]. Mes calculs seront exposés ailleurs sous une forme plus détaillée; je voudrais simplement indiquer ici que les arguments apportés par M. Ariès ne me semblent pas suffisants.

Je signalerai d'abord que le tracé du faisceau des adiabatiques, par rapport à la courbe de saturation auquel je suis parvenu, satisfait bien à la condition $\frac{dS}{dT} < 0$. L'entropie S de la vapeur saturée tend vers $+\infty$ quand la température T tend vers le zéro absolu : une détente isentropique, effectuée à partir d'un état quelconque, aboutit toujours à la condensation du liquide, et cette condensation tend à devenir complète quand le volume augmente indéfiniment et que la température tend vers zéro.

En reprenant les notations de ma Note, l'hypothèse de M. Ariès est que le coefficient $L_0$ est nul : quand la température tend vers le zéro absolu, la chaleur latente de vaporisation, et la variation d'énergie qui accompagne ce changement d'état tendraient vers zéro. Admettre que $\cot\beta - \cot\alpha$ tend vers zéro, ou admettre une formule déterminée de tension de vapeur, revient à admettre cette hypothèse.

La formule (9) est une formule classique; sa démonstration est élémentaire, et utilise uniquement le premier principe. Elle est applicable à condition que l'on puisse assimiler la vapeur saturée à un gaz parfait et négliger le volume du liquide; il en est de même de la formule (10). Or, si $L_0$ était nul, cette dernière formule donnerait toujours des valeurs positives de $m'$ : il ne me paraît donc pas douteux que, au moins pour les corps pour lesquels des valeurs négatives ont été constatées expérimentalement, et probablement pour tous, $L_0$ n'est pas nul. On trouvera d'ailleurs, dans ma Note, des vérifications numériques de la formule (10), qui sont tout à fait satisfaisantes, et permettent facilement de calculer la valeur approximative de $L_0$.

---

(1) Séance du 11 octobre 1920.
(2) E. ARIÈS, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 456.
(3) G. BRUHAT, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 162.

PHYSIQUE. — *Sur l'existence d'états intermédiaires dans la phosphorescence du CaS, déduite de l'étude de sa conductibilité.* Note [1] de M. **P. Vaillant**, transmise par M. J. Violle.

J'ai déjà signalé [2] l'influence de la lumière sur la conductibilité du CaS pur ou agglutiné avec de la colle. Sous l'action d'un flux complexe comme celui d'une lampe à incandescence, cette conductibilité croît jusqu'à un maximum, puis décroît. Après retour à l'obscurité, une variation analogue se produit mais en sens inverse. Toutefois le taux de variation que je signalais dans mes premières Notes était relativement peu élevé, de 1 à 10 au maximum. On observe des variations beaucoup plus grandes à la lumière solaire diffuse, et surtout en partant d'un corps dont on a détruit par chauffage préalable toute trace de phosphorescence antérieure. La conductibilité, d'abord extrêmement faible [3], croît jusqu'à un maximum élevé, puis décroît constamment.

C'est ce qui ressort en particulier du Tableau suivant où $c$ est la conductibilité mesurée en unités arbitraires et $t$ la durée d'exposition en heures, par temps couvert :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$ ....... | 0 | 1 | 2 | 2,25 | 2,5 | 3,5 |
| $c$ ....... | $<1$ | 470 | 2200 | 2320 (max.) | 2100 | 1220 |

La conductibilité continue à diminuer lentement. Le ciel devenant plus lumineux, la baisse s'accélère et la conductibilité paraît se fixer à la valeur très faible $c = 22$.

L'existence du maximum ne paraît pas due à l'action de radiations extinctrices. Si l'on répète l'expérience précédente en protégeant le sulfure par un filtre qui ne laisse passer que les radiations vertes ($555$ à $595^{\mu\mu}$), on observe encore le passage par un maximum à la suite duquel la baisse est même plus rapide que dans le cas précédent :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$ ....... | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 |
| $c$ ....... | $<1$ | 738 | 1044 (max.) | 913 | 702 | 517 | 391 | 301 |

Si, après une exposition prolongée, on ramène le sulfure dans l'obscurité

(1) Séance du 4 octobre 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1041, et t. 154, 1912, p. 867.

(3) Au degré de sensibilité de la méthode de mesure, CaS débarrassé de toute trace de phosphorescence est à peu près isolant.

à température constante, la conductibilité augmente d'abord rapidement, atteint après quelques heures un maximum beaucoup plus élevé que celui correspondant à l'excitation, puis diminue très lentement :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *t*.. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 9 | 18 | 22 | 48 | 66 | 90 |
| *c*.. | 137 | 12700 | 25600 | 36200 | 41600 | 46000 | 46000 | 45900 | 34000 | 13800 | 4680 |

Si l'excitation est arrêtée avant le passage par le maximum, dans la phase croissante, et le corps ramené à l'obscurité à température constante, la conductibilité continue à augmenter et passe par un maximum d'autant moins élevé et d'autant plus vite atteint que l'exposition a été plus courte :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Après 10 minutes d'exposition à la lumière diffuse | *t* (minutes)... | 0 | 10 | 20 | 30 | 50 | 120 |
| | *c*........... | 90 | 101 | 107,5 (max.) | 103 | 93 | 55 |

Ces lois de variation ne peuvent s'interpréter par l'existence de deux phosphorogènes distincts dont les transformations agiraient en sens contraires sur la conductibilité de l'ensemble, ni par celle d'un phosphorogène unique sur lequel deux catégories de radiations (¹) de la lumière excitatrice produiraient deux transformations indépendantes, influençant de façons inverses la conductibilité. Si l'on peut, en effet, prévoir de cette façon l'existence d'un maximum en cours d'excitation, ce maximum devrait correspondre à un minimum dans la phase d'extinction et inversement.

De même, on ne peut attribuer la baisse de conductibilité, lors de l'excitation, à l'action de radiations extinctrices; dans l'obscurité, celles-ci agissant seules, la conductibilité ne saurait augmenter.

Il paraît nécessaire de supposer que, sous l'action excitatrice, le phosphorogène passe successivement par deux états 2 et 3, 2 plus conducteur que l'état initial 1, et 3 moins conducteur que 2. On peut imaginer, par exemple, que le passage 1-2 libère des électrons qui sont récupérés dans le passage 2-3 sans qu'il y ait cependant retour à l'état initial. Pendant la période d'extinction, le même double passage s'effectue, mais en sens inverse. Le maximum correspondant à l'extinction est plus élevé que celui qui correspond à l'excitation, du fait que, dans le premier cas, les deux transformations successives qu'on peut alors regarder comme spontanées (²), sont beaucoup plus lentes.

(¹) Il est d'ailleurs probable que de pareilles radiations interviennent pour réduire le maximum en cours d'excitation.

(²) Ou provoquées par des radiations à grande longueur d'onde, très peu intenses à la température où l'on opère.

MAGNÉTISME. — *Sur la variation thermique du coefficient d'aimantation des sulfates anhydres et la théorie du magnéton.* Note [1] de M. **Ph. Théodoridès**, transmise par M. J. Violle.

Lorsqu'une substance paramagnétique rentre dans l'une des catégories qui obéissent à la loi de Curie (gaz ou solutions), une seule mesure à la température ordinaire permet de calculer le moment atomique. Tel n'est pas le cas des sels paramagnétiques à l'état solide. On sait, et nos expériences confirment, que ces substances obéissent à la loi de Curie généralisée :

$$\chi(T - \Theta) = C,$$

$\chi$ = coefficient d'aimantation spécifique;
T = température absolue;
$\Theta$ = point de Curie;
C = constante de Curie.

L'étude de la variation thermique est donc nécessaire pour donner, d'une part, au moyen de C, le moment atomique et, d'autre part, au moyen de C et de $\Theta$, la constante du champ moléculaire.

Des mesures ont été prises sur les trois sulfates manganeux, cobalteux et ferrique à l'état anhydre. Les poudres de ces substances étaient contenues dans des ampoules scellées, en verre ou en cristal de roche. La méthode est celle de l'attraction dans un champ non uniforme avec compensation électrodynamique de la force magnétique exercée. Les températures sont produites par un four électrique à résistance, soigneusement étudié, et mesurées au moyen d'un couple thermo-électrique argent-constantan, exactement étalonné. L'appareil est assez voisin de celui qui a été employé par MM. Weiss et Foëx, et d'autres expérimentateurs.

La correction du magnétisme de la suspension et du diamagnétisme de l'anion ont été faites. Les valeurs absolues sont rapportées au coefficient d'aimantation de l'eau à 20° C. égal à $-0{,}720.10^{-6}$, par l'intermédiaire d'un étalon de pyrophosphate de manganèse employé par M. Foëx et vérifié par M. Kopp.

*Résultats.* — Pour chacune de ces trois substances, $\frac{1}{\chi}$ en fonction de la

(1) Séance du 11 octobre 1920.

température est représenté par deux droites parallèles, présentant entre elles un petit décalage et raccordées entre elles par une courte région curviligne. L'ensemble du phénomène est exactement réversible. La constante de Curie, égale à la cotangente de l'angle des droites avec l'axe des températures, est donc la même de part et d'autre de cette région de transition. Par conséquent, le moment atomique est aussi le même pour les deux tronçons des droites. Le décalage manifeste seulement une petite variation du point de Curie, c'est-à-dire de la constante du champ moléculaire. Pour deux des substances, on a pu établir que la discontinuité se produit à une température très voisine de celle à laquelle le monohydrate perd son eau d'hydratation. Elle pourrait donc provenir soit d'une trace imperceptible d'eau restée malgré la déshydratation soignée à laquelle a été soumise la substance, soit d'un réarrangement moléculaire, cause lui-même de la déshydratation.

| | Point de déshydratation d'après Thorpe et Watts (¹). | Milieu de la discontinuité. |
|---|---|---|
| Sulfate manganeux | 280° | 275° |
| » cobalteux | 250 | 275 |
| » ferrique | – | 260 |

Tous les points considérés sont les résultats directs des observations. Deux d'entre eux ont particulièrement servi à la détermination numérique de la constante de Curie.

| | | Constante de Curie moléculaire $C_m$. | Point de Curie $\Theta$. | Constante du champ moléculaire $\lambda = \frac{\Theta}{C_m}$. | Nombre de magnétons $n$. |
|---|---|---|---|---|---|
| $SO^4MN$ | 0° à 270°... | 4,269 | −19,8 | −4,64 | 29,04 |
| | 280 à 550... | 4,272 | −14,2 | −3,33 | 29,05 |
| $SO^4CO$ | 0 à 265... | 3,179 | −29,92 | −9,411 | 25,06 |
| | 290 à 550... | 3,150 | −19,17 | −6,054 | 24,95 |
| $\frac{1}{2}[(SO^4)^3Fe^2]$ | 0 à 250... | 4,245 | −79,5 | −18,5 | 28,97 |
| | 270 à 575... | 4,233 | −74,3 | −17,6 | 28,93 |

Dans ce Tableau le magnéton-gramme est, comme d'habitude, pris égal à 1123,3 unités C. G. S. En ajoutant les erreurs possibles sur les diffé-

(¹) Thorpe and Watts, *Journal of the Chemical Society*, London, 1880 (113).

rentes opérations, on est amené à estimer, qu'en général, l'erreur sur $\chi$ et C est inférieure à 6 pour 1000 et l'erreur sur $n$ inférieure à 3 pour 1000.

Les résultats sont donc conformes à la théorie du magnéton.

Il est remarquable que dans tous les sulfates le champ moléculaire est négatif avec une grandeur notable. Leur point de Curie, virtuel, est situé au-dessous du zéro absolu. Pour les chlorures, le champ moléculaire est positif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle théorie des phénomènes photographiques.* Note de M. A. **Dauvillier**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une récente Note [1] nous avons exposé une théorie nouvelle des actions chimiques des rayons cathodiques, $\beta$, X, $\gamma$ et ultraviolets, ainsi que de l'action antagoniste de la lumière. Les impressions photographiques causées par ces radiations, faisant partie de cette classe de phénomènes, semblent s'expliquer d'une manière analogue.

Il était admis, depuis les travaux de E. Becquerel et de Güntz, que la lumière réduisait les halogénures d'argent en mettant l'halogène en liberté et en formant des sous-halogénures. L'accord ne s'était cependant jamais fait, quant à la composition chimique de ceux-ci. Nous pensons que la coloration violette, acquise en particulier par le chlorure d'argent blanc lorsqu'il est exposé à la lumière, ne diffère pas des colorations provoquées par les rayons énumérés ci-dessus. Les cristaux cubiques de AgCl, construits d'ions $Ag^+$ et $Cl^-$ de même forme, sont neutralisés, suivant le mécanisme que nous avons décrit, par les corpuscules qui résultent de l'absorption de ces radiations. Les atomes de chlore mis en liberté à la surface des cristaux provoquent un dégagement de molécules de ce gaz, tandis que les atomes d'argent demeurent fixés à la surface et à l'intérieur des microcristaux en produisant la coloration.

Si nous considérons une émulsion de gélatinobromure d'argent, chaque grain étant formé d'un aggloméral microcristallin possédant la même structure, l'impression photographique procède d'un mécanisme identique. Ce sont les atomes d'argent qui constituent l'image latente et qui semblent ne jouer qu'un rôle catalytique lors de la réduction plus complète des grains

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 627.

pendant le développement. Ces atomes ne pouvant alors agir que lorsqu'ils sont superficiels, on conçoit que la sensibilité de l'émulsion doive être d'autant plus grande que le grain est plus fin, comme l'ont effectivement observé MM. Lumière.

Mais, dans l'émulsion, les atomes de chlore étant fixés comme le sont ceux d'argent, ces éléments pourront se recombiner sous certaines influences en provoquant, comme nous allons le montrer, des phénomènes de solarisation ou de renversement.

Les réactions chimiques provoquées par les radiations que nous avons énumérées sembleraient au moins devoir donner lieu à des équilibres, l'un de leurs produits, les atomes électropositifs, demeurant exposé à leur action. Mais le travail d'ionisation de ces atomes étant beaucoup plus faible que celui de destruction des ions négatifs, ils seront détruits de préférence à ceux-ci. Dans le cas d'une impression exercée par la lumière de courte longueur d'onde, celle-ci sera bientôt exclusivement absorbée par les éléments électropositifs et l'effet photo-électrique qui en résultera détruira presque entièrement l'impression initiale. Le fait que l'on observe, en prolongeant l'exposition à la lumière, plusieurs renversements successifs de ce genre pourrait s'interpréter comme un effet statistique dépendant de la composition spectrale de la radiation et de la sensibilité photo-électrique spectrale du platine *atomique*.

Les renversements produits par les rayons cathodiques, $\beta$, X et $\gamma$ doivent, *a priori*, être moins complets et s'effectuer moins aisément que les précédents, les corpuscules rapides n'ayant pas plus de chances de rencontrer les atomes électropositifs que les ions négatifs et détruisant indifféremment les deux, dans certaines conditions de passage à proximité de leurs corpuscules périphériques. Cette idée paraît être confirmée par les expériences de Wood.

On sait que des impressions photographiques peuvent être exercées par des actions mécaniques. Ce phénomène semble être général au point de vue qui nous occupe (le platinocyanure de baryum est également bruni par frottement) et nous l'expliquons simplement par la destruction partielle du réseau cristallin. Les ions libérés, soit qu'ils ne puissent subsister hors du cristal, soit qu'ils aient leur configuration extérieure détruite par l'écrasement, donnent naissance à des éléments libres, comme sous l'effet des rayons X ou lumineux.

Wood a montré que si l'on considère les agents physiques suivants, rangés dans l'ordre : actions mécaniques, rayons X, illumination

instantanée, illumination prolongée, l'effet photographique de l'un quelconque d'entre eux pouvait être détruit par un suivant, mais en aucun cas par un précédent. On conçoit tout d'abord qu'il ne soit pas possible (surtout dans une émulsion) de faire disparaître, par pression mécanique, les produits de l'action des autres agents (en les recombinant par suite de leur rapprochement). L'action de la lumière ne saurait non plus être renversée par les rayons X aussi aisément que la réaction inverse a lieu, mais nous venons de voir qu'il ne semble pas y avoir là d'effet absolu.

Chacun de ces agents opérant la même transformation, celle-ci pourra être renversée par les rayons X, ou mieux par la lumière, comme Wood l'a observé. Cette dernière radiation peut en effet agir beaucoup plus complètement si elle renferme des radiations de grandes longueurs d'ondes, par suite de leurs propriétés antagonistes.

M. Villard a montré qu'une exposition d'une minute, à proximité d'un bec Auer, détruisait l'impression causée par les rayons X. Le rayonnement lumineux étant dans ce cas très complexe, ce phénomène pouvait provenir de deux causes distinctes : soit renversement provoqué par surexposition à la lumière susceptible d'impressionner la plaque, soit action antagoniste de l'infra-rouge, en vertu de l'équation réversible de Perrin. Nous pensons, en effet, que le rayonnement de fluorescence, qui accompagne l'impression photographique, est infra-rouge et qu'il agit, comme nous l'avons indiqué, par effet photo-électrique, ce qui est admissible si l'on remarque que l'on se trouve en présence d'*atomes* d'argent et que cet élément possède un caractère électropositif accentué.

Enfin les émulsions qui subissent ces renversements perdent une partie de leur sensibilité [1]. Le retour à l'état initial n'est donc pas complet. Or la neutralisation d'un grand nombre de paires d'ions au sein d'un cristal doit nécessairement s'accompagner de la fragmentation du réseau. Nous pensons que les paires d'ions reformées par renversement ou action antagoniste, et qui sont devenues étrangères au réseau, se combinent sous forme de *molécules* isolées très stables. Le nombre d'ions sensibles diminuerait donc progressivement dans les grains.

---

[1] Ce phénomène a été aussi observé dans le cas de l'effet Villard.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination du nombre des constituants indépendants d'un système de corps.* Note de M. **Louis Dubreuil**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le nombre des constituants indépendants d'un système de corps est le nombre de variables indépendantes en fonction desquelles on peut exprimer les changements de la composition chimique du système.

Soit un système de corps en contact, renfermant comme composants les corps simples $S_1, S_2, \ldots, S_k$ dont les masses respectives sont $p_1, p_2, \ldots, p_k$.

Dans l'un de ses états, le système est formé des corps purs $C_1, C_2, \ldots, C_n$ avec les masses respectives $m_1, m_2, \ldots, m_n$. On peut évidemment exprimer les masses $p$ en fonction des masses $m$ ou inversement, de sorte que le nombre de variables indépendantes est le même pour les masses $m$ ou les masses $p$. Écrivons donc l'expression de ces dernières

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{l} p_1 = a_1^1 m_1 + a_1^2 m_2 + \ldots + a_1^n m_n, \\ p_2 = a_2^1 m_1 + a_2^2 m_2 + \ldots + a_2^n m_n, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ p_k = a_k^1 m_1 + a_k^2 m_2 + \ldots + a_k^n m_n, \end{array}\right.$$

les coefficients $a$ représentant les concentrations des corps simples dans les corps purs C.

Les relations (1) constituent un système de $p$ formes linéaires dont le nombre de variables, égal à celui des corps C, dépend des transformations subies par le système de corps étudié; le nombre de variables indépendantes, en tout cas, est parfaitement déterminé; c'est l'ordre du déterminant principal du système de formes linéaires (1).

Il suffira donc de former le Tableau rectangulaire

$$(2)\qquad \left|\begin{array}{cccc} a_1^1 & a_1^2 & \ldots & a_1^n \\ a_2^1 & a_2^2 & \ldots & a_2^n \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_k^1 & a_k^2 & \ldots & a_k^n \end{array}\right|$$

et de chercher l'ordre du déterminant le plus élevé, et différent de zéro, qu'on peut en déduire : c'est le nombre cherché.

Il est d'ailleurs facile d'éviter la petite complication résultant de l'emploi des concentrations $a$. Désignons par $A_1, A_2, \ldots, A_k$ les poids atomiques de $S_1, S_2, \ldots, S_k$; par $M_1, M_2, \ldots, M_n$ les poids moléculaires de $C_1, C_2, \ldots, C_n$ et soit par exemple $S_1^{\alpha_1^r}, S_2^{\alpha_2^r}, \ldots, S_k^{\alpha_k^r}$ la formule moléculaire de $C_r$.

Le corps simple $S_t$ ayant pour exposant dans la formule $\alpha_t^r$, sa concentration $a_t^r$ est donnée par la relation

$$a_t^r = \alpha_t^r \frac{A_t}{M_r}.$$

On peut ainsi remplacer les coefficients $a$ par leurs valeurs dans le Tableau (2). On constate alors que les termes d'une même ligne renferment tous le même facteur A et ceux d'une même colonne le même facteur $\frac{1}{M}$. On peut les supprimer sans inconvénient pour la recherche du déterminant principal, de sorte que le Tableau (2) devient le Tableau

$$(3) \qquad \begin{vmatrix} \alpha_1^1 & \alpha_1^2 & \dots & \alpha_1^n \\ \alpha_2^1 & \alpha_2^2 & \dots & \alpha_2^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_k^1 & \alpha_k^2 & \dots & \alpha_k^n \end{vmatrix}.$$

Il ne renferme plus que les coefficients $\alpha$, c'est-à-dire des entiers très simples, avec lesquels le calcul est généralement très facile.

De là la règle pratique suivante :

Étant donnée la nature des corps purs composant un système, on forme un Tableau rectangulaire en écrivant sur la même ligne les exposants numériques du symbole d'un même corps simple dans la formule de tous les corps du système; puis on cherche l'ordre du déterminant le plus élevé, et différent de zéro, déduit de ce Tableau : c'est le nombre des constituants indépendants.

Ainsi, pour le système classique $CO^3Ca$, $CaO$, $CO^2$, le Tableau est

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 3 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}.$$

Le déterminant du troisième ordre est nul; ceux du deuxième ordre ne le sont pas; donc le système renferme deux constituants.

Il est bon d'observer que la règle précédente donne le nombre de constituants dans le cas le plus général, et que ce nombre peut se trouver réduit dans des cas particuliers.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Analyse qualitative microchimique de l'acide cyanique.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. A. Haller.

1. La cristallisation du cyanate d'argent dans l'eau pure nous a permis d'isoler l'acide cyanique des produits d'oxydation ammoniacale des substances organiques et de l'identifier par l'analyse ([1]). Cette très simple méthode d'analyse immédiate rend, en outre, possible et aisée, la recherche microchimique de la carbimide.

Si l'on épuise par l'eau bouillante de très petites quantités de cyanate d'argent, la solution filtrée se trouble par refroidissement et abandonne des cristaux brillants, qui, au microscope (fort grossissement), apparaissent formés de longs filaments, traversant tout le champ. Suivant les circonstances de la cristallisation, ils présentent parfois des échancrures en dents de scie, parfois ils se greffent autour d'un filament commun.

*a. Cristallisation de* $5^{mg}$ *de cyanate d'argent.* — On chauffe, 15 minutes, dans un tube à essais, surmonté d'un réfrigérant, $5^{cm^3}$ d'eau et $0^g,005$ de cyanate finement divisé. La liqueur est filtrée bouillante dans un petit cristallisoir. Après une heure d'abandon, on rejette le liquide et examine au microscope les cristaux déposés sur la paroi : ils sont formés de longs filaments groupés parallèlement.

*b. Cristallisation d'une trace de cyanate d'argent de quelques gouttes d'eau bouillante :* même forme cristalline.

*c.* Si l'on refroidit très lentement une solution saturée bouillante de cyanate d'argent, on obtient, à côté des cristaux précédents, des filaments plus larges, aux bords découpés en dents de scie et de formes plus irrégulières.

L'acide cyanique peut être aussi caractérisé microchimiquement à l'aide de réactions colorées.

2. L'acétate de cobalt colore la solution de cyanate de potassium en bleu d'azur, par suite de la formation du cyanate cobalti-potassique de Blomstrand ([2]) $CO(CNO)^4K^2$, qui, stable en présence d'alcool, se dissocie et se décolore sous l'influence d'une certaine proportion d'eau.

E.-A. Schneider ([3]), ayant mis à profit cette coloration pour rechercher

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 91, et t. 171, 1920, p. 635.

([2]) Blomstrand, *Journal für prakt. Ch.*, 2e série, t. 13, p. 206.

([3]) Treadwel, *Analyse qualitative*, 1re édition, p. 332.

l'acide cyanique dans les cyanures, a reconnu qu'elle se déclare avec $3^g$ à $5^g$ de cyanure, contenant $0^g,5$ pour 100 de cyanate, c'est-à-dire avec $7^{mg}$ à $13^{mg}$ d'acide cyanique. Rieder [1] a confirmé les résultats obtenus avec cette réaction, qui, non spécifique des cyanates, appartient aussi aux sulfocyanates. *Sa sensibité s'accroît singulièrement, lorsqu'on opère, ainsi qu'il suit, par broyage, à sec, des réactifs non dissous.*

*Coloration bleue produite par $1^{mg}$ de cyanate d'argent, correspondant à $0^{mg},35$ d'acide cyanique.* — On broie dans une capsule de porcelaine $1^{mg}$ de cyanate d'argent, de chlorure de potassium et d'acétate de cobalt cristallisés. La coloration bleue intense, qui se déclare, disparaît par addition d'une goutte d'eau, réapparaît au contact de l'alcool.

*Coloration bleue développée par une trace de cyanate d'argent.* — Même expérience, même résultat.

*Différenciation de l'action des cyanates et des sulfocyanates sur les sels de cobalt.* — Les sulfocobaltocyanates bleus (Morel, Vogel, Treadwel, Wolf) se distinguent aisément des cobaltocynanates, également bleus, par l'action :

1° De l'alcool amylique, mêlé ou non d'éther, qui se colore seulement avec les sulfocobaltocyanates;

2° Des acides dilués, qui ne détruisent et ne décolorent que les cobaltocyanates;

3° D'un sel ferrique, ne produisant la coloration rouge du sulfocyanate ferrique qu'avec les sulfocobaltocyanates.

3. Il est possible de caractériser microchimiquement l'acide cyanique par la coloration bleu violet, produite par le perchlorure de fer sur l'hydroxylurée, découverte par Dresler et Stein [2].

La coloration bleu violet, caractéristique de l'hydroxylurée, se déclare dès qu'on verse une goutte de solution de perchlorure de fer, très diluée, sur le produit résultant du broyage à sec de :

| | |
|---|---|
| Cyanate d'argent | $0^g,001$ |
| Chlorhydrate d'hydroxylamine | $0^g,001$ |

---

(1) Treadwel, *Analyse qualitative*, 1re édition, p. 332.

(2) Dresler et Stein, *Liebigs Annalen*, t. 150, p. 242.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des Pyrénées.*
Note[1] de M. **P.-W. Stuart-Menteath**, présentée par M. H. Douvillé.

Le rapport des ingénieurs sur les sondages pour potasse en Catalogne a rétabli l'opinion que les sels et les argiles bariolées, comparés à ceux de Biarritz, sont du Tertiaire plutôt que du Trias.

En revanche, la nouvelle carte de la Navarre reproduit la théorie de Magnan que les ophites sont une transformation du Muschelkalk, sans référence à mes objections de 1897, ni à ma carte de 1912, fondées sur la recherche des fossiles.

La dernière des théories de Suess, que les Pyrénées sont le résultat du remplissage des anfractuosités d'une surface, pareille à celle de nos jours, par l'invasion du Flysch à conglomérats, m'était imposée par la tentative explicite de vérifier ses conséquences dans l'intérêt des mines et sondages, et des recherches de pétrole. En Guipuzcoa il suffit d'insister sur la structure bosselée qui résulte de mes premières coupes où le Flysch se développe presque exclusivement le long des vallées, tandis que dans mes dernières coupes le Jurassique et le Crétacé inférieur le montrent sur les hauteurs moins accessibles.

Des révisions persévérantes m'ont pareillement révélé que les pics, présentés comme types de chapeaux charriés, sont des surgissements brusques de Lias, etc., enveloppés dans le manteau discordant. En Guipuzcoa, cela est confirmé par la présence très constante du conglomérat de la base du Flysch, ainsi que par l'extension du granite de la Haya en profondeur à $4^{km}$ de son affleurement.

Il est regrettable que la meilleure faune citée dans les nouvelles descriptions, et spécifiée à la gare bien connue d'Alsasua, soit donnée comme provenant de quelque région inconnue, et que le Crétacé de la Haya soit complètement dévié, sur de mauvaises cartes, par un auteur qui avoue franchement qu'il ne s'est pas occupé des terrains paléozoïques. En plein Sénonien de sa carte, le Gault surgit à Alsasua avec le Cénomanien et l'Aptien, et le Crétacé traverse tout le granite de la Haya, exactement de l'Est à l'Ouest, sans être aucunement dévié comme il l'a dessiné.

L'auteur a pu ainsi accepter, sur les trois points les mieux définis par des plans de mines, des intercalations de Silurien et de Cambrien, qui ne

(1) Séance du 11 octobre 1920.

peuvent exister en réalité. Elles sont directement en travers des plis du Dévonien métallifère qui sont exactement déterminés par les travaux et les plans détaillés.

La silicification, qui affecte même le Flysch dans la plus récente carte de M. Bresson, est ignorée; de là des confusions dues également à la négligence des fossiles ou de leur emplacement. Elle a pourtant fait classer de vastes extensions du Crétacé en Silurien et Cambrien.

En Guipuzcoa on a profité de cartes au $\frac{1}{20\,000}$ pour le dessin de la surface, mais on a indiqué les couches comme plongeant uniformément. On n'a pas remarqué que l'Éocène et le Danien varient de l'horizontale à la verticale par des courbures, fractures et glissements qui augmentent jusqu'à dix fois leur épaisseur, que le Flysch est également irrégulier, et que le conglomérat de sa base s'étend jusqu'aux montagnes, en transgression discordante sur les têtes érodés du marbre cénomanien, du Jurassique, du Trias, et même du Paléozoïque. Les coupes de l'auteur en question confirment ces mêmes relations dans les remplissages des bassins de Sare-Vera, Elizondo, et Roncevaux. Mais c'est le caractère spécial du Flysch de présenter dans le détail toutes les directions et plongements possibles.

Sur les trois points touchant les mines de la frontière, il suffit à la Haya de remarquer que le texte de la description reconnaît le Trias où la coupe représente le Crétacé; que cette coupe est tirée à 45° de la direction des couches, de manière à les figurer comme peu inclinées précisément là où elles sont verticales; que cette coupe ne pouvait pas traverser deux fois une bande qui est unique et continue; et que l'omission du Trias typique qui enveloppe le synclinal du Crétacé empêche de reconnaître la continuité du Crétacé à Rudistes que j'ai suivi sur les cartes rectifiées que j'ai employées et que j'ai figuré sur ma carte au $\frac{1}{200\,000}$.

Le Silurien n'est nulle part déposé régulièrement sur le granite qui traverse et transforme le Dévonien et le Carbonifère, même sur la carte espagnole.

Au deuxième point, entre Maya et le Pas de Rolland, le Dévonien métallifère et fossilifère se présente, aussi bien au-dessous de la mine d'Ainhoa que sur toute la bordure du Trias, à l'Est. En montant de Bidarray, on trouve des calcaires passant au quartzite sur plus de 300$^{m}$ d'épaisseur, et séparés du Trias par plus de 100$^{m}$ de schistes noirs du Carbonifère. Ces schistes, localement traversés par du quartz filonien, prennent largement le *faciès* du Culm, et le Silurien ne peut exister que dans le fond des gorges.

Au nord de Roncevaux, c'est également au fond des gorges que le seul

Silurien surgit en schistes verts, imprégnés de cuivre et recouverts par les calcaires et quartzites, à entroques et en bancs fortement plissés, qui sont encore enveloppés par le Carbonifère. La silicification, qui affecte même le Cénomanien de la bordure, a fait supposer une intercalation de Cambrien, qu'il est aussi impossible à caser que dans le cas de la Haya.

A l'est de Roncevaux, la carte confirme la présence de l'Éocène au sommet du pic d'Orhy, et la régularité de la vaste extension de Flysch, qui est déblayé des sommets moins élevés entre Sainte-Engrace et la frontière. La rangée des points de quartzite et de schistes micacés qui sont, ici, enveloppés par le Flysch et ses conglomérats, est attribuée à un charriage superficiel; elle est parallèle aux couches du Paléozoïque, qui surgissent au Sud-Est, directement dessous le Crétacé, et elle est analogue aux pics Bégusse et Archibèle au Nord, qui sont visiblement des surgissements brusques et nullement des plaques charriées. Le Crétacé, traversé par les pointements de Sainte-Engrace, présente des filons verticaux de galène comme le Crétacé enveloppant du Guipuzcoa; il est figuré comme cambrien, tandis que les fossiles me l'ont prouvé crétacé.

GÉOLOGIE. — *Probabilités géologiques de découverte du pétrole en France.* Note de M. **G.-F. Dollfus**, présentée par M. Pierre Termier.

J'envisagerai les conditions de rencontre possible du pétrole en France, seulement en ce qui concerne l'huile produite par la décomposition de végétaux marins fossiles.

On peut dire qu'il n'y a pas de chances de découverte d'huile minérale dans le nord de la France; le nombre des sondages profonds est si grand dans cette région qu'il n'y a aucune partie inexplorée de quelque étendue. Dans le bassin de Paris, la Normandie, la Champagne, l'Orléanais, la Touraine, la constitution du sous-sol est connue jusqu'à $500^m$ et $800^m$ de profondeur, jusqu'à la base du Crétacé, et il n'y a aucun indice qui permette de croire qu'on serait plus heureux à une profondeur plus grande. En Lorraine, les sondages profonds, nombreux, pour la recherche du sel dans le Trias, et pour le prolongement vers le sud du bassin houiller de la Sarre, n'ont rien découvert en fait de pétrole. Nous devons laisser de côté la Bretagne et la Vendée : leur couverture secondaire et tertiaire est mince,

quand elle existe, et les formations primaires plissées reposent sur des terrains cristallins qui sont négatifs. Dans les Charentes, le sondage de Rochefort-sur-Mer, descendu à 856$^m$, a traversé la série jurassique pour s'arrêter dans le Trias, donnant seulement une eau chaude minéralisée.

Le bassin tertiaire du Sud-Ouest n'offre des formations marines qu'à son entrée. On est descendu à Bourg-sur-Gironde à 197$^m$; Libourne, 273$^m$; Cessac, 290$^m$; Bordeaux, 470$^m$; La Réole, 228$^m$; Agen, 252$^m$, rencontrant seulement des eaux ascendantes dans l'Éocène. La berge crétacée du Nord, qui est plissée, resterait à explorer; nous n'y connaissons que peu de forages et il s'y trouve dans le Sarladais des dépôts ligniteux intercalés.

Au pied des Pyrénées, la présence de bitume dans la molasse helvétienne de Bastennes, au voisinage du Trias, celle de lignite pyriteux dans le Crétacé de Saint-Lon, ont provoqué des recherches qui n'ont pas abouti; nous savons qu'à Bastennes, une Société autrichienne a tenté un forage profond qui, sous une forte épaisseur de Tertiaire, a atteint le Trias. Les couches du Trias ont fourni en profondeur du sel en abondance, de Dax à Bayonne, mais pas d'huile minérale; les probabilités sont maigres. Le Trias a été atteint à Barbotan (Gers) à 45$^m$ de profondeur sous les sables à Nummulites, sur le prolongement de l'anticlinal de Roquefort, donnant des eaux minéralisées.

Rien à Auch, 125$^m$; à Toulouse, 146$^m$. Arrivant dans l'Aude, près Castelnaudary, un forage profond chez M. Mir n'a trouvé que des eaux jaillissantes, comme dans la plaine de Perpignan, où de nombreux forages jusqu'à 170$^m$ ne sont pas sortis du Pliocène.

Dans le Languedoc on connaît des forages à Lézignan, pas d'eau; on a été plus heureux à Narbonne et à Montpellier; il est possible que dans quelques ondulations de la molasse ou du Trias, au pied des Cévennes, on puisse trouver des huiles minérales comme dans l'ancien gisement perdu de Gabian (Hérault). Mais l'étendue de ces petits bassins est médiocre, leur tectonique est compliquée et les recherches ne seraient probablement pas payantes. Rien dans le bassin d'Alais. Dans la vallée du Rhône, un forage en Camargue à Silvéreol à 107$^m$ n'était pas sorti du diluvium; à Courthézon, près d'Orange, on est descendu à 811$^m$ sans succès; les terrains rencontrés n'ont pas été classés. A l'étang de Berre, autre forage de 211$^m$, non classé; à Marseille, on a traversé 700$^m$ de Tertiaire sans trouver une eau suffisante; les grands travaux de Fuveau, le bassin d'Apt, n'ont pas rencontré d'huile.

Je ne dirai rien du Massif central, des vallées de la Loire et de l'Allier;

des recherches sont en cours. J'observerai toutefois que les dépôts tertiaires d'origine marine font défaut et que jusqu'ici les formations franchement continentales n'ont pas fourni d'huile naturelle. La structure des Alpes est maintenant assez bien connue pour que, s'il s'y trouvait dans quelque plissement des couches pétrolifères, on doive penser qu'elle n'eussent pas passé inaperçues.

Reste la vallée de la Saône; ici les conditions sont tout à fait différentes, nous sommes sur le prolongement de l'Alsace et du bassin productif de Pechelbronn. Le Jura est l'homologue de la Forêt-Noire; la côte chalonnaise fait suite aux Vosges; nous avons entre ces massifs une large vallée profonde d'effondrement limitée par des failles bordières et remplie d'épais sédiments à tout le moins saumâtres, formés d'une longue alternance d'argile et de sables avec plissements transversaux indicateurs. Aucun forage profond n'a été encore tenté dans la Bresse et les Dombes; les recherches d'eau n'ont pas dépassé $100^m$ et $140^m$ et ne sont pas sorties du Pliocène. Des dépôts ligniteux sont connus à la périphérie et des lambeaux d'Oligocène sont restés accrochés çà et là sur les flancs; c'est toute la tectonique des gisements pétrolifères et des recherches pourraient être menées jusqu'à $1000^m$ sans difficultés sur cette grande étendue. Le Tertiaire d'Alsace descend jusqu'à Montbéliard et nous savons que la molasse marine miocène est plissée avec les couches crétacées jusqu'au sommet du Jura et que cette situation se prolonge à l'Est et au Sud-Est jusqu'en Savoie.

Au sud de la Bresse, près de Lyon, les forages institués pour rechercher le prolongement du bassin de Saint-Etienne ont rencontré des grès houillers bitumineux, au Sud-Est le prolongement dans le Bugey est caché par un épais manteau glaciaire, mais divers gisements ligniteux sont connus. Le problème bressan peut être poussé dans ses détails, nous n'en avons exposé ici que les traits généraux, mais ils suffisent pour appeler très sérieusement l'attention des pouvoirs publics sur une région nouvelle dans laquelle des recherches pourraient être couronnées de succès.

GÉOLOGIE. — *Considérations sur les temps glaciaires.* Note de M. Ph. Négris, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note précédente à l'Académie, j'ai attribué l'invasion des glaces, puis leur recul, à des mouvements épirogéniques. J'apporte aujourd'hui de nouvelles preuves plus directes de ces mouvements.

Nous admettrons, comme on le fait généralement, que, dans les Alpes, 3° de température moyenne en plus qu'à l'époque actuelle donnent la température moyenne de l'époque de Würm. On en conclut que si l'écorce du globe était restée immobile dans l'intervalle, les traces de la limite des neiges de Würm paraîtraient aujourd'hui à une distance verticale, au-dessous de la limite des neiges actuelles, correspondant à ces 3 degrés de différence de température. Nous admettrons d'ailleurs, avec le Bureau des Longitudes (*Annuaire* 1909, p. 146), qu'à 1° de différence de température correspond une distance verticale de $180^m$, ce qui donne $540^m$ pour 3°. Or aujourd'hui, on observe les traces de la limite des neiges de l'époque de Würm, non à $540^m$, mais à $1200^m$ environ au-dessous de la limite des neiges actuelles. On peut donc penser que, depuis l'époque de Würm, la région alpine s'est affaissée de $660^m$ environ, tandis que la retraite des glaces aurait dû amener un effet contraire. *Ainsi donc, aux Alpes, l'affaissement se présente comme cause efficiente du recul des glaces.* Il est d'ailleurs digne d'observation que le chiffre de $660^m$ n'est pas très éloigné de la distance verticale nécessaire pour amener une différence de température de 3° entre les deux époques. Si, d'ailleurs, on se rappelle que toute la bordure occidentale du Continent européen est aussi affaissée, comme le prouve la séparation de la presqu'île scandinave et de l'Angleterre d'avec le Continent, à l'aurore des temps modernes, la submersion des vallées atlantiques, l'affaissement de la vallée du Pô, avec l'Adriatique, il semble logique d'admettre que toute la partie occidentale du Continent européen a pris part à l'affaissement, *qui aurait ainsi provoqué le recul des glaces du Nord, comme il a provoqué celui des glaces des Alpes.*

Observons d'ailleurs que les traces de la limite des neiges de l'époque de Riss se tiennent généralement de $100^m$ à $200^m$ au-dessous des traces de l'époque de Würm. Cela indiquerait, sans doute, un climat légèrement plus rigoureux que celui de cette dernière époque, pouvant répondre à une température de 4° supérieure à la température actuelle.

La région alpine semble, d'autre part, nous donner aussi la solution définitive de la question, non moins controversée, de l'invasion originelle des glaces. Nous savons, en effet, par les travaux de MM. Penck et Brückner, que le *Deckenschotter* ancien repose tantôt sur le Miocène moyen continental, tantôt sur la molasse supérieure d'eau douce, tantôt sur le Schlier : dans tous les cas le Pliocène manque en totalité sous les formations glaciaires. Ainsi donc il existe dans la région alpine une lacune énorme sous ces dernières formations, répondant, sans doute, à une érosion considérable, qui a dû provoquer la surrection des Alpes, d'après la théorie déve-

loppée par M. Zeil dans de nombreuses Notes récentes à l'Académie. Cette présomption est d'ailleurs confirmée par la présence de la pénéplaine qui forme le soubassement des formations glaciaires dans les Alpes, entaillant les formations antérieures indépendamment de leur âge plus ou moins avancé.

Cette surrection, provenant d'une rupture d'équilibre entre la pression du fluide interne et le poids de l'écorce amincie par l'érosion, a dû continuer jusqu'à ce que l'amincissement de l'écorce, produit par cette érosion, fût contre-balancé par un épaississement interne équivalent, provenant de la congélation d'une certaine masse de la partie fluide, à l'aplomb de la partie amincie de l'écorce. Il se peut d'ailleurs qu'à la surrection soit venu en aide un façonnement de la nouvelle surface de l'écorce, plus favorable à l'accumulation des neiges et par conséquent à l'alimentation des glaciers. *Ainsi se trouverait expliquée dans les Alpes l'invasion de l'époque glaciaire.* L'état actuel de nos connaissances sur les régions dont sont parties les glaces du Nord ne nous permet pas encore d'étendre à ces régions les conclusions auxquelles nous sommes arrivé aux Alpes, mais il est à présumer que, là encore, ces conclusions se vérifieront.

En ce qui concerne les alternatives d'époques glaciaires et interglaciaires, entre l'époque de Günz et celle de Würm, nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons exposé à ce sujet dans notre Note à l'Académie du 17 mai 1920 : elles répondraient à des oscillations locales de l'écorce, connexes de la surcharge et de la décharge de cette dernière par les neiges.

Contrairement cependant à ce que j'exposais dans cette Note, l'érosion a dû intervenir pour peu dans ces oscillations, car si elle tendait à diminuer l'amplitude de l'oscillation pour passer du climat glaciaire au climat interglaciaire, elle devait augmenter cette amplitude pour passer du climat interglaciaire au climat glaciaire, et ainsi les deux effets devaient tendre à se compenser, sans compter que l'érosion pendant une oscillation n'a été qu'une faible fraction de l'amplitude du mouvement de l'écorce : car l'érosion totale depuis l'origine des temps glaciaires, aux Alpes, jusqu'à l'époque actuelle, n'a été que de $250^m$, en moyenne, dans le Mittelland suisse (A. Penck et Ed. Brückner), partie de la région alpine où elle a été le plus considérable; et si nous nous rappelons que ces $250^m$ correspondent à quatre oscillations, il ne revient à chacune d'elles, en les partageant en quatre parties égales, que $60^m$ à $65^m$, tandis que, dans la Note précitée, nous avons évalué l'amplitude d'une oscillation entre $600^m$ et $700^m$.

HYDROLOGIE. — *Analyse radioactive des sources thermales de Bagnères-de-Luchon. Sources très riches en émanation du radium.* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. Charles Moureu.

1. Les sources sulfurées sodiques de Bagnères-de-Luchon comprennent environ quatre-vingts griffons captés; elles se divisent en deux groupes principaux : les sources du Nord et les sources du Sud.

En collaboration avec M. le Professeur Charles Moureu, nous avons examiné, en 1908, la radioactivité d'une vingtaine de sources ou griffons appartenant en majeure partie au groupe du Nord (¹). Nous venons de compléter ces recherches par l'étude systématique des sources du Sud (août-septembre 1920).

2. Nous nous sommes borné à la détermination de l'émanation du radium présente dans les eaux.

L'échantillon d'eau ($1^l$ à $2^l$) est prélevé, par aspiration, au fond du griffon, dans un ballon de verre où l'on a fait préalablement le vide (trompe à eau). On extrait, par ébullition, la totalité des gaz dissous et, après dessiccation, on les entraîne par un courant d'air dans le condensateur (volume $3^l$) de l'appareil de mesure de Chéneveau et Laborde (²).

3. Voici les résultats de nos expériences, nous y avons joint ceux obtenus en 1908 (³) pour les sources que nous n'avons pas réexaminées (sources précédées d'un *). Nous indiquons, en outre, la température du griffon au moment du prélèvement de l'eau et la nature géologique du gisement : schistes (Sh.) ou granit (Gr.).

---

(¹) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 834; *Bull. de l'Acad. de Méd.*, séance du 30 mars 1909; *Ann. des Mines*, mai 1909.

(²) Ch. Chéneveau et A. Laborde, *Journal de Physique*, mars 1909. Pour les détails du mode opératoire, voir : Ch. Moureu et Lepape, *Ann. des Mines*, mai 1909.

(³) Ch. Moureu et A. Lepape, *loc. cit.* Les nombres reproduits ici sont transformés en millimicrocuries ($10^{-9}$ curie) et corrigés d'une erreur affectant la constante de l'appareil utilisé en 1908.

**Radioactivité des eaux de Bagnères-de-Luchon**

(en millimicrocuries d'émanation du radium, par litre d'eau, à l'émergence).

I. — Sources du Nord.

| Source. | Gisement. | T. | Émanation du radium. | Source. | Gisement. | T. | Émanation du radium. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ferras nouvelle | Gr. | 48°,5 | 5,9 | Bayen | Sh. | 63°,6 | 0,85 |
| Ferras ancienne | Gr. | 50,5 | 3,6 | *Reine | Sh. | 57 | 0,5 |
| *Enceinte | Gr. | 47,5 | 3,3 | *Richard nouvelle | Sh. | 48 | 0,45 |
| Blanche | Gr. | 57,1 | 1,3 | *Grotte supérieure | Sh. | 56 | 0,4 |

II. — Sources du Sud.

| Source. | Gisement. | T. | Émanation du radium. |
|---|---|---|---|
| 1. *Groupe des Tièdes du Sud.* | | | |
| Tiède n° 1 | Gr. | 32,2 | 19,0 |
| Tiède n° 2 (S. Lepape) | Gr. | 29,3 | 41,5 |
| S. ferrugineuses | Gr. | 30,5 | 31,6 |
| 2. *Groupe Bordeu.* | | | |
| Bordeu n° 1 | Gr. | 44 | 18,1 |
| » 2 | Gr. | 47,2 | 12,2 |
| » 3 | Gr. | 41,3 | 19,1 |
| » 4 | Gr. | 41,3 | 19,8 |
| » 5 | Gr. | 38,3 | 14,9 |
| » 6 | Gr. | 39,5 | 26,4 |
| » 7 | Gr. | 46,3 | 15,5 |
| » 8 | Gr. | 43,3 | 11,6 |
| » 10 | Gr. | 45,8 | 10,7 |
| » 12 | Gr. | 55,1 | 10,1 |
| Saule n° 1 | Gr. | 51,5 | 10,8 |
| Saule n° 3 | Gr. | 52 | 11,4 |
| Bordeu réunis | // | 47 | 7,9 |
| 3. *Groupe du Pré.* | | | |
| *Pré n° 1 | Gr. | 60 | 4,2 |
| » 2 | Gr. | 50,5 | 10,2 |
| » 3 | Gr. | 43 | 10,3 |
| 4. *Groupe Bosquet.* | | | |
| Bosquet n° 1 | Sh. | 45 | 9,25 |
| » 2 | Sh. | 45,5 | 9,1 |
| » 3 | Sh. | 40 | 9,6 |
| » 4 | Gr. | 34,2 | 26,5 |
| » 5 | Gr. | 35,5 | 21,2 |
| » 6 | Gr. | 31 | 16,6 |
| » 7 | Sh. | 39,5 | 7,9 |
| » 8 | Gr. | 35,5 | 23,9 |
| Bosquet réunis | // | 42 | 11,0 |

III. — Sources diverses.

| Source. | Gisement. | T. | Émanation du radium. | Source. | Gisement. | T. | Émanation du radium. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| François | Sh. | 18,3 | 16,2 | *Ravi | Sh. | 17,5 | 0,5 |
| La Chapelle | Sh. | 31,2 | 4,4 | Sourrouilhe | (1) | 11,7 | 1,5 |
| *Romains | Sh. | 43 | 1,6 | | | | |

4. Ces sources présentent, au point de vue de la radioactivité, une gamme extrêmement étendue, montant régulièrement, à partir de la radioactivité banale des eaux potables (0,5 millimicrocuries: sources Grotte, Richard, Reine) jusqu'aux très hautes valeurs de 26,5 (Bordeu n° 6,

(1) Pyrites de fer arsenicales.

Bosquet n° 4), 31,6 (sources ferrugineuses non captées de la galerie François) et 41,5 (source tiède Ad. Lepape, galerie François).

Ces dernières valeurs élèvent *la station de Bagnères-de-Luchon au premier rang des stations radioactives françaises*, ainsi que le met en évidence le Tableau comparatif suivant :

*Sources françaises les plus radioactives.*

| Station et source. | T. | Émanation du radium (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émergence). | Auteur. |
|---|---|---|---|
| Bagnères-de-Luchon : | | | |
| S. Ad. Lepape | 29°,3 | 41,5 | A. Lepape, 1920. |
| S. ferrugineuse (g. F) | 30,5 | 31,6 | » |
| S. Bosquet n° 4 | 34,2 | 26,5 | » |
| S. Bordeu n° 6 | 39,5 | 26,4 | » |
| S. Bosquet n° 8 | 35,5 | 23,9 | » |
| La Bourboule, s. Choussy | 60 | 22,45 | A. Laborde, 1908. |
| Plombières, s. Lambinet | 26,8 | 14,1 | A. Brochet, 1910. |
| » s. Capucins | 51 | 10,35 | » |
| La Chaldette | 32,5 | 12,8 | A. Lepape, 1909. |
| Sail-les-B., s. du Hamel | 34 | 11,5 | » 1919. |
| Grisy n° 2 | froide | 10,7 | Ch. Moureu et A. Lepape 1908. |
| Saint-Amand, s. Vauban | 26 | 10,1 | J. Barrois, 1911. |
| Bussang, s. Salmade | froide | 9,5 | A. Laborde, 1908. |

5. L'examen des milliers de sources qui, jusqu'à présent, ont été soumises à l'analyse radioactive dans toutes les parties du monde, montre qu'il existe moins d'une dizaine de localités possédant des sources plus radioactives que celles de Bagnères-de-Luchon (¹).

---

(¹) Cf. Mme P. CURIE, *Traité de Radioactivité*, t. 2, p. 497; A. GOCKEL, *Die Radioaktivität von Boden und Quellen*, 1914, p. 90; NAIMA SAHLBOM, *Arkiv. Kem. Min. Geol.*, t. 6, n° 3, 1916, p. 1; etc. Nous faisons abstraction des sources froides extraordinairement radioactives situées au voisinage des mines d'urane, telles que celles de Joachimsthal (Bohême), Brombach (près Johanngeorgenstadt, Saxe) et Urgeiriça (Portugal).

BOTANIQUE. — *L'orientation des rameaux dans l'espace.* Note de M. **H. Ricôme**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons montré pour quelle raison simple la racine et la tige se comportent de façon inverse vis-à-vis des agents extérieurs. L'orientation des rameaux dans l'espace s'explique aussi de façon simple.

Le géotropisme résulte de modifications dans la croissance déterminées par la pesanteur. Il semble qu'un organe à symétrie radiaire ne puisse avoir, du fait de la pesanteur, d'autre orientation que la verticale. Or les rameaux se dirigent en tous sens. Le géotropisme est le résultat d'une inégalité dans la croissance des cellules. Il semble qu'une inégalité, si faible qu'elle soit, doive déterminer une croissance en ligne courbe. Or les rameaux s'accroissent en ligne droite (nous faisons abstraction ici de l'extrémité).

La quantité d'eau disponible a manifestement une influence sur l'orientation. Dans un système ramifié, l'eau arrive avec d'autant plus de difficulté que le rameau est d'ordre plus élevé, parce que la part qui lui est attribuée est celle que n'ont pas aspirée les rameaux successifs dont il dépend. Or ces rameaux échappent d'autant plus à l'action de la pesanteur que leur ordre d'insertion est plus élevé, que la quantité d'eau leur est plus parcimonieusement distribuée. Cependant si l'on coupe l'axe, les rameaux se redressent plus ou moins; si on les détache de la plante, la base étant plongée dans l'eau, ils se dirigent verticalement. Ils possèdent donc tous un géotropisme vertical ascendant comme la tige principale. Mais sur la plante il ne peut se manifester faute de la quantité d'eau nécessaire.

Comment comprendre cette influence de la quantité d'eau? Les deux moitiés d'une tige fendue en long s'incurvent brusquement vers l'extérieur grâce à l'inégale tension des tissus : c'est ce que nous appellerons la *force de tension*. Il est légitime de considérer l'organe comme formé de deux moitiés réagissant chacune pour son compte, mais solidaires. Nous avons montré que ces forces de tension existent dans une courbure géotropique. En chaque tranche de la courbure et à chaque moment de l'incurvation (en négligeant l'influence des tranches voisines), l'orientation est la résultante des deux forces de tension opposées et inégalement modifiées par la pesanteur comme nous l'avons établi antérieurement.

La turgescence dépend de la quantité d'eau contenue dans la cellule, quelle que soit la cause qui introduit l'eau (osmose, conditions mécaniques

créées par la pesanteur ou autre cause éventuelle). Si la quantité d'eau est suffisante, l'action de la pesanteur se continuant, le rameau se redresse jusqu'à prendre une direction verticale.

Si la quantité d'eau est seulement suffisante pour remplir les cellules, elle y est retenue par l'osmose, par l'élasticité des membranes qui impose à la cellule une certaine forme peu modifiable, par les phénomènes capillaires, par la cohésion de l'eau. La pesanteur ne dispose d'aucune quantité d'eau qui puisse être répartie inégalement. L'organe est insensible à la pesanteur et prend la direction qu'il doit à son insertion ou qu'on lui donne artificiellement. C'est le cas des rameaux d'ordre élevé.

Si la quantité d'eau disponible pour la répartition inégale est limitée, l'action de la pesanteur cesse dès que cette répartition est réalisée. A ce moment chacune des deux forces de tension a une valeur propre d'où résulte une certaine direction de croissance; c'est la direction que prend le rameau et il y revient fatalement si on l'en écarte puisque c'est là sa position d'équilibre de croissance dans les conditions présentes.

En résumé, l'orientation des rameaux, sous l'influence de la pesanteur, dépend de la teneur en eau disponible pour permettre l'effet de répartition inégale que détermine la pesanteur.

## BOTANIQUE. — *Étude cytologique des organes sexuels des Fougères.* Note de M. L. **Emberger**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Une coupe à travers un prothalle de *Fougère* (Polypodiacées) fixé par la méthode de Regaud et coloré à l'hématoxyline ferrique montre des cellules volumineuses contenant des chloroplastes de grande taille et des vacuoles gorgées d'un composé phénolique rencontré déjà au cours des études de la racine et du sporange.

*L'anthéridie.* — Elle prend naissance aux dépens d'une cellule épidermique de la face inférieure du prothalle. Cette cellule ne se distingue d'abord par aucun caractère particulier, mais peu à peu ses chloroplastes, remplis d'amidon, résorbent leur grain d'amidon et se régénèrent peu à peu en devenant plus chromophiles et en prenant la forme de fuseaux. On remarque, en outre, des mitochondries sous forme de grains et de bâtonnets qui ne paraissent pas jouer de rôle dans l'élaboration de l'amidon, et qui constituent une autre *variété* de mitochondries déjà observée par MM. Guilliermond et Mangenot chez d'autres végétaux.

Dans les *cellules mères primordiales* des anthérozoïdes, on observe un cytoplasme très dense, peu vacuolisé, dans lequel se trouvent des chondriocontes allongés, assez épais, des bâtonnets très courts et des grains. Les premiers doivent être considérés comme représentant les anciens chloroplastes, dont l'écorce, régénérée après la résorption de leur amidon, conserve encore la forme arquée du contour du grain d'amidon qu'elle coiffait; les autres constituent la *variété* de mitochondries inactives dans la fonction chlorophyllienne. A la fin de l'évolution de ces cellules, les anciens plastes ont pris l'allure de chondriocontes parfaits.

Dans les *cellules mères* on assiste à un sectionnement des éléments mitochondriaux qui ne se présentent maintenant que sous forme de grains et de bâtonnets très courts, parmi lesquels il est impossible de retrouver ceux qui reviennent aux anciens chloroplastes et aux autres mitochondries.

Dans l'*anthérozoïde* formé, les mitochondries sont toutes granuleuses. Elles paraissent invariablement disposées en deux rangées espacées régulièrement. Le jeune anthérozoïde porte souvent pendant un certain temps une vésicule, reste protoplasmique de la cellule mère, qui contient des mitochondries granuleuses, élaborant de minuscules grains d'amidon. Certains auteurs ont déjà signalé l'existence de ces grains d'amidon.

Les cellules constituant la paroi de l'anthéridie contiennent dans un cytoplasme épars, à vacuoles remplies de composés phénoliques, des petites plastes persistant pendant toute la durée de l'évolution de l'organe sexuel et se résorbant ensuite.

L'*archégone*. — Comme l'anthéridie, elle naît aux dépens d'une cellule épidermique. Les cellules destinées à devenir l'oosphère et le col de l'archégone subissent, comme dans le cas de l'anthéridie, la transformation de leurs chloroplastes en chondriocontes, qui se trouvent mélangés à d'autres mitochondries en bâtonnets et en grains. Arrivés à l'état de chondriocontes, ces anciens plastes s'allongent un peu, puis se segmentent, de sorte que l'oosphère ne contient, avant sa maturité, que des mitochondries granuleuses.

L'oosphère mûre est caractérisée par un cytoplasme peu vacuolisé, très riche en bâtonnets et en grains mitochondriaux. Ce chondriome offre tout à fait l'aspect de celui que M. Guilliermond a décrit dans le sac embryonnaire de Tulipe.

A ce stade évolutif il est impossible de faire part des éléments mitochondriaux qui appartient aux anciens chloroplates et aux autres mitochondries.

Après la fécondation de l'oosphère, on assiste déjà dans les tout premiers

stades à une élaboration d'amidon par les éléments mitochondriaux prédestinés à cette fonction (anciens chloroplastes). Ces jeunes plastides conservent une chromophilie très intense, alors que les mitochondries non élaboratrices sont un peu plus pâles et de taille légèrement plus petite. Ils évolueront dans le jeune embryon sous forme de chloroplastes. En somme, le chondriome de l'oosphère fécondée est absolument identique à celui que nous avons décrit dans la cellule apicale de la racine des Fougères.

Corrélativement à l'évolution de l'archégone, les cellules qui entourent cet archégone voient leurs chloroplastes diminuer de volume par résorption de leur amidon pour prendre, lorsque l'œuf est fécondé, la forme de gros chondriocontes, sans toutefois perdre complètement leur allure de plastides.

En résumé, nos recherches sur les organes sexuels des Fougères démontrent, bien qu'à certains stades moins nettement que dans la racine et le sporange, l'existence dans ces cellules d'un chondriome composé de *deux variétés de mitochondries* qui conservent leur individualité au cours du développement. L'une représente des mitochondries devant évoluer sous forme de plastides, l'autre des mitochondries à fonction encore inconnue. Elles confirment sous ce rapport les derniers travaux de M. Guilliermond sur les Phanérogames, et de Mangenot sur les Algues.

VITICULTURE. — *De la non-toxicité du cuivre pour les moisissures en général et pour le mildiou en particulier*. Note de M. et Mme G. **Villedieu**, présentée par M. P. Viala.

La théorie actuelle de l'action des bouillies anticryptogamiques repose sur les expériences de Millardet qui a montré que des solutions de sulfate de cuivre plus faibles que le millionième tuaient les zoospores des mildiou; on en a déduit que l'hydrate d'oxyde de cuivre, déposé par les bouillies anticryptogamiques sur les organes des plantes traitées, se dissolvant à l'état de traces infimes dans les eaux de pluie ou de rosée, détruisait les zoospores libérées par les conidies de mildiou, en germant.

Nous avons, dans une Note antérieure (1), démontré que cette hypothèse n'était pas fondée et nous exposons ici quelques recherches montrant que le cuivre, non toxique pour les moisissures en général, ne l'est pas non plus,

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 360.

tout au moins aux doses indiquées, pour les zoospores des Peronosporées.

Nous avons pu cultiver sur des milieux renfermant 1, 2, 5 et même 10 pour 100 de citrate cupro-ammonique (sel légèrement acide, très soluble dans l'eau et contenant 15 pour 100 de cuivre métal), la plupart des moisissures ordinaires; le *Penicillium* vit très bien sur une gélose nutritive sucrée, saturée de ce sel.

On peut vérifier facilement que le cuivre n'est pas l'élément toxique du sulfate de cuivre ou de l'oxyde de cuivre hydraté, ce que nous avons précédemment déclaré; on utilise pour cela une gélose nutritive sucrée *parfaitement neutre à froid*, ne renfermant que des sels à l'état de sulfates auxquels on ajoute seulement 0$^{g}$,1 pour 100 de phosphate tricalcique.

A une partie de cette gélose, on ajoute 2 à 3 pour 100 de sulfate de cuivre, et à une autre, une même quantité (l'excès n'est pas à craindre, cet oxyde étant insoluble) d'oxyde de cuivre hydraté, en mélangeant soigneusement, et l'on coule en boîtes de Petri.

Ensemencées avec des spores de *Penicillium*, ces boîtes restent stériles.

A une nouvelle portion, on ajoute un mélange fait d'une même quantité de sulfate de cuivre dissous dans quelques centimètres cubes d'eau et de citrate de chaux ou de magnésie (ces derniers en quantité un peu supérieure à celle qu'exige une double réaction complète), en ayant soin de porter le mélange à l'ébullition avant son addition, et l'on coule comme précédemment.

Quant à la boîte ayant contenu l'oxyde de cuivre, on liquéfie la gélose à une douce chaleur, et on l'acidule avec de l'acide citrique ou tartrique. Ces deux dernières boîtes ensemencées avec du *Penicillium* donnent en trois jours une culture qui se développe normalement.

Pourtant, dans ces deux dernières expériences, le composé cuprique introduit est le même et à la même dose que précédemment; seule la fonction chimique a été changée. Dans les deux cas le cuivre est passé à l'état de citrate.

La gélose initiale, additionnée de 1 pour 100 d'acide sulfurique correspondant à l'acide sulfurique libre du sulfate de cuivre du premier essai, ne permet pas non plus le développement du *Penicillium* pas plus que des géloses renfermant un excès de chaux, de magnésie, de soude, de baryte ou d'oxyde de cadmium; ceci démontre que l'action du cuivre sous la forme de sulfate est due à son acide sulfurique libre et, sous sa forme basique, à son caractère basique.

Pour les Péronosporées elles-mêmes nous avons introduit, dans les tubes à culture solide, des tranches de pommes de terre saines (vérifiées par témoins) préalablement imprégnées de citrate de cuivre ammoniacal par

une immersion variant de 6 heures à 4 jours dans des solutions à $\frac{1}{250\,000}$, $\frac{1}{100\,000}$, $\frac{1}{10\,000}$ et $\frac{1}{1000}$ de ce sel. Ces pommes de terre ont été, toutes ruisselantes de liquide cuprique, ensemencées avec des spores de *Phytophthora infestans* : 4 ou 5 jours après elles ont donné des conidiophores et des conidies caractéristiques (temp. : 18° à 20°); dans les tubes provenant des solutions au $\frac{1}{1000}$, les germinations sont plus difficiles mais donnent des conidiophores courts et des conidies.

Pour le mildiou lui-même, nous avons cette année introduit dans des ceps de vigne du citrate de cuivre ammoniacal en quantité suffisante pour nous permettre de constater la présence du cuivre dans les feuilles des pieds traités; or ces feuilles ont été atteintes par le mildiou.

Le cuivre n'est donc pas plus toxique pour les Péronosporées que pour les autres moisissures et il apparaît possible *a priori* de le remplacer par un métal plus commun dans les bouillies anticryptogamiques.

PHYSIOLOGIE. — *Effets et constitution des antigènes.* Note de MM. **M. Nicolle** et **E. Césari**, présentée par M. E. Roux.

Dans un Ouvrage récent ([1]), J. Duclaux fournit, des colloïdes, la conception la meilleure que nous connaissions actuellement. Comme cette conception se trouve en complète harmonie avec les vues que nous avons proposées depuis longtemps (et sans cesse approfondies), touchant les antigènes et les anticorps, comme elle apporte à ces vues un appui d'autant plus précieux qu'il ne fut pas concerté, nous estimons le moment venu de faire le *raccord* entre les notions biologiques et les notions physico-chimiques.

Les cellules et humeurs peuvent renfermer trois sortes de substances, de nature colloïdale, capables d'engendrer des anticorps et dites, pour cela, *antigènes* : les enzymes, les toxines et les constituants *indifférents*.

Les enzymes provoquent, on le sait, des réactions chimiques fort variées, ou, mieux, permettent à ces réactions de se manifester avec une vitesse et une intensité caractéristiques, dans les conditions obligées de la vie. Ce sont des catalyseurs types. Ils jouent un rôle infiniment plus important qu'on ne le dit, au cours des maladies des animaux et des plantes que déterminent les parasites de toute nature et de toute dimension.

L'expérience montre, selon nous, que les enzymes comprennent deux

([1]) *Les Colloïdes*, Paris, 1920.

éléments distincts : actif et non antigène, passif et antigène. Prenons, comme exemple, les diastases gélatinolytiques, étudiées par notre ami Launoy. L'identité de leurs effets implique, chez toutes, l'existence d'un constituant actif, semblable ou analogue. Le fait que les sérums, obtenus en traitant des animaux avec ces enzymes, apparaissent strictement spécifiques dans leur action neutralisante, prouve la présence d'un second constituant, passif, différent pour chaque diastase envisagée.

Les effets des *toxines* sont également très divers. Tantôt ces poisons occasionnent toute une gamme d'altérations cellulaires, dont la nécrose représente l'aboutissant trop fréquent; tantôt, on les voit engendrer l'hypertrophie et la multiplication des éléments anatomiques. Chez les animaux supérieurs, l'étude systématique de leur action nous a permis de les classer en trois groupes [1], selon qu'elles ne produisent aucun trouble local (du côté des parties molles) : neurotoxines, ou qu'elles y déterminent des lésions nécrotiques : toxines à eschare humide (les plus répandues) et toxines à eschare sèche. Ces dernières semblent décoaguler primitivement liquides et solides de l'organisme; de fait, une coagulation ouvre la scène. Quant aux neurotoxines, elles attaquent sûrement les lipoïdes des cellules nerveuses, sans doute en les hydrolysant. Chez les végétaux, on retrouve, couramment, la mortification sèche ou humide, mais on observe aussi, dans maintes circonstances, un autre effet des toxines, l'effet cécidogène. Ainsi que l'avait dit, le premier, Malpighi, les galles (ou cécidies) traduisent la réaction des tissus aux « venins » de parasites variés.

On ne saurait distinguer, à la limite, les toxines et les enzymes. Il convient, pensons-nous, de considérer (*in vivo*) les toxines comme agissant sur les substances les plus délicates de la cellule, et les enzymes comme agissant sur des corps plus stables (représentés soit par des réserves, soit par des constituants que diverses influences ont déjà modifiés dans leurs structures).

Les toxines comprennent, elles aussi, les deux types d'éléments rencontrés chez les enzymes. Envisageons, au hasard, soit les venins des vipéridés, soit ceux des colubridés, soit le groupe abrine, ricine, crotine, toxine diphtérique; pour chaque série, les effets *in vivo* se révèlent identiques, tandis que, pour chaque représentant de la série, l'action du sérum correspondant demeure rigoureusement élective.

Nous retrouvons donc, de façon évidente, l'élément actif et l'élément passif, dissociés par expérimentation.

Les *antigènes « indifférents »* forment, dans chaque cellule ou humeur, une véritable mosaïque; d'habitude, l'un d'entre eux paraît dominant.

Ils ne se manifestent, objectivement, que par leur élément passif, dont

---

[1] M. Nicolle, E. Césari et C. Jouan, *Toxines et Antitoxines*, 1919.

la spécificité est mise journellement à profit, pour le diagnostic des maladies infectieuses et leur traitement bactériothérapique.

J. Duclaux considère tout colloïde comme formé d'une masse inerte, bloc de molécules assemblées sans ordre et d'un électrolyte « ordinaire ». La masse inerte s'adjoignant, suivant les cas, les ions positifs ou négatifs de l'électrolyte, constitue un ion énorme, le *granule*, tandis que les ions de signe opposé de l'électrolyte représentent les *ions libres* du colloïde. Sans entrer dans plus de détails et nous contentant de ce schéma, nous pensons être en droit d'identifier l'élément passif et antigène des enzymes, des toxines et des composants « indifférents » cellulaires et humoraux au granule des colloïdes. L'élément actif des enzymes et des toxines correspond alors, tout naturellement, aux ions libres ([1]). Si ces ions ne déterminent aucun effet appréciable (*in vitro* ou *in vivo*) dans le cas des antigènes « indifférents », ils ne sauraient cependant faire défaut.

PHYSIOLOGIE. — *Sur un procédé simple et inoffensif permettant d'éviter le choc anaphylactique*. Note de MM. **Auguste Lumière** et **Jean Chevrotier**, présentée par M. E. Roux.

Le choc anaphylactique peut être évité, comme l'ont démontré MM. Roux et Besredka ([2]), Banzhaf et Famulener ([3]), en provoquant l'anesthésie des animaux en expérience, avant l'injection déchaînante, ou en leur administrant des hypnotiques tels que la chloralose, l'uréthane et le chloral.

Plus récemment Kopaczewski, Roffo et Mme Roffo ([4]) ont constaté qu'il était possible d'empêcher la production des accidents anaphylactiques aigus au moyen de solutions aqueuses d'éther, sans que l'anesthésie ait lieu, et ces auteurs ont attribué les propriétés empêchantes de toutes ces substances au caractère physique commun qu'elles présentent de diminuer la

---

([1]) Nous avons dit, lors de publications antérieures, que l'élément actif devait correspondre à des composés chimiques simples ou relativement simples et l'élément antigène à un substratum colloïdal, qui favorise le jeu de ces composés en multipliant leur surface d'attaque. Nous ne pouvions aller plus loin, mais la représentation que nous précisons aujourd'hui était déjà, on le voit, nettement esquissée dans notre esprit.

([2]) Besredka, *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. 20, 1907, p. 250.

([3]) Banzhaf et Famulener, *Journ. of Infec. Deseases*, t. 7, 1916, p. 577.

([4]) Kopaczewski, A.-H. Roffo et Mme H.-L. Roffo, *L'anesthésie et l'anaphylaxie* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1409).

tension superficielle du sérum; ils arrivent à cette conclusion qu'il faut refuser dorénavant au système nerveux l'influence qu'on lui attribuait dans la genèse du choc anaphylactique, qui dépendrait alors principalement d'une réaction de floculation colloïdale et d'une asphyxie corrélative à l'obstruction des réseaux capillaires par les agrégations micellaires.

Tout en faisant des réserves en ce qui regarde le rôle que ces derniers expérimentateurs attribuent à la tension superficielle dans la production du choc, nous avons nous-mêmes, depuis longtemps, supposé que l'injection déchaînante provoquait la formation, dans le plasma sanguin, d'un précipité qui pouvait être la cause initiale des phénomènes observés. Cette explication s'accorde d'ailleurs avec le fait bien connu suivant : Toutes les fois qu'on prépare un animal par des injections de matières albuminoïdes étrangères, son sérum acquiert, au bout de quelques semaines, la propriété de déterminer une floculation dans la solution de l'albumine employée ; il est rationnel de supposer que la crise hémoclasique déchaînée, par l'injection secondaire de cette même matière albuminoïde, chez l'animal préparé, est imputable à la formation dans le sang d'un précipité susceptible de troubler profondément la circulation capillaire.

D'ailleurs Richet (¹), en injectant à un animal neuf un mélange de sang d'animal sensibilisé et de substance déchaînante, a obtenu les accidents habituels. Briot (²), puis Friedberger (³), Friedemann, Doerr et Moldovan ont également provoqué le choc anaphylactique en traitant les animaux normaux par des mélanges de sérums réagissant les uns sur les autres en donnant une floculation.

Dans le but de vérifier l'hypothèse énoncée plus haut, nous avons institué une série d'expériences méthodiques consistant à rechercher les combinaisons chimiques capables d'éviter la production de cette floculation.

A cet effet, nous avons injecté du sérum de mouton à un âne, à doses faibles mais répétées, puis, 40 jours après la dernière injection, l'âne a été saigné et son sérum réparti en tubes dans lesquels on a ajouté le sérum de mouton, additionné de substances diverses, de façon à déterminer celles qui pourraient s'opposer à la précipitation mutuelle des sérums.

Contrairement à notre attente, nous n'avons trouvé qu'un très petit

---

(¹) Richet, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1907, p. 358, et *Ann. Inst. Pasteur*, 1909, p. 751.

(²) Briot, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1910, p. 402.

(³) Friedberger, *Zeitsch. f. Immunitätsforschung und experimentelle Therapie*, 1910, p. 665.

nombre de réactifs susceptibles de remplir cette condition, le précipité étant remarquablement insoluble dans la presque totalité des corps essayés et de plus, ceux qui nous ont paru le mieux convenir (sulfocyanure de sodium, éthylosulfate de sodium, hyposulfite de sodium) n'ont-ils pas le pouvoir d'empêcher d'une manière absolue toute précipitation.

Par sa faible toxicité et sa grande innocuité, l'hyposulfite de sodium nous a semblé devoir être retenu de préférence à tous les autres dans le but d'être utilisé pour empêcher le choc anaphylactique et, pour s'assurer de l'exactitude de cette conception, nous avons préparé deux lots de cobayes en injectant à chacun d'eux $\frac{1}{500}$ de centimètre cube de sérum normal de mouton.

Trente jours après cette préparation, les animaux composant l'un des lots pris comme témoins reçoivent une injection intra-cardiaque de $0^{cm^3},5$ du sérum qui leur avait été administré auparavant, additionné de $0^{cm^3},5$ de solution de chlorure de sodium isotonique à 8 pour 1000; tous, sans exception, meurent en 1 ou 2 minutes après paralysie du train postérieur et convulsions.

Pour les animaux du second lot, préparés de la même manière, on a remplacé la solution de Na Cl par le même volume d'une solution d'hyposulfite de soude à 5 pour 100 et l'on constate qu'il ne se produit plus alors aucun accident anaphylactique. Les cobayes supportent la même dose de sérum déchaînant sans éprouver le moindre symptôme morbide.

Les mêmes essais ont été répétés avec le sérum antidiphtérique et ont conduit exactement aux mêmes constatations.

L'hyposulfite de soude ne semble pas détruire ni même atténuer les propriétés des sérums antitoxiques; des expériences en cours ont pour objet de préciser l'influence d'un contact prolongé de ces corps, dans le but de montrer qu'aucun inconvénient ne résulte de l'emploi de tels mélanges.

Bien entendu nous ne préjugeons rien de l'action de l'hyposulfite en ce qui regarde les accidents anaphylactiques tardifs et les effets sériques secondaires, mais d'après ces premiers résultats, nous serions dès maintenant en possession d'un moyen simple et complètement inoffensif permettant d'éviter le choc anaphylactique si redouté et dont la crainte a limité, dans bien des cas, le large emploi, au point de vue curatif ou préventif, des précieux sérums antitoxiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la répartition du zinc dans l'organisme du cheval.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **R. Vladesco**, présentée par M. Roux.

Le zinc n'existe pas seulement, en très petites proportions, dans les organes de tous les végétaux, ainsi qu'il résulte surtout des recherches précises de Javillier (¹), on le signale aussi, de plus en plus fréquemment, dans les tissus des animaux.

En effet, depuis les premières constatations de Lechartier et Bellamy, de Raoult et Breton, constatations qui datent de 1877, Bradley, Ghigliotto, Birckner, Hiltner et Wichmann, Rost et Weitzel, mais principalement Delezenne (²) et S. Giaja (³) ont trouvé des quantités de zinc, parfois même relativement élevées, dans un assez grand nombre d'espèces et de productions animales. De sorte que l'on peut déjà envisager la présence de ce métal comme constante à la fois chez les animaux et chez les plantes. Bien mieux, depuis les très intéressantes observations de Delezenne sur les venins de serpents, on est conduit à admettre, par généralisation, jusqu'à l'importance physiologique du zinc.

Il est, toutefois, nécessaire de remarquer que l'étude de la question est seulement à ses débuts et qu'elle a déjà présenté, au seul point de vue statique, des résultats discordants. C'est ainsi que le classement des organes et des tissus, d'après leur teneur en zinc, est différent suivant les auteurs qui l'ont abordé. Pour Rost et Weitzel, le foie est l'organe le plus riche; pour Delezenne, c'est le tissu nerveux et le thymus; pour Giaja, le cerveau, puis les poumons, l'estomac, l'intestin, etc.

Nous étant préoccupés à notre tour de la question, nous donnerons aujourd'hui les résultats que nous avons obtenus en examinant la répartition du zinc chez le cheval. Nous avons choisi cet animal de grandes dimensions afin de pouvoir opérer sur une série très variée d'organes sans être obligés, pour avoir un poids suffisant de ceux qui sont de faible volume, de recourir à un trop grand nombre d'individus.

Chaque organe ou tissu, après avoir été convenablement isolé, a été divisé et séché à l'étuve. Les dosages ont toujours été faits sur 5ᵍ de matière

(¹) *Thèse doct. Sc. nat.*, Paris, 1908, et *Ann. Inst. Pasteur*, t. 22, p. 720.
(²) *Thèse doct. Sc. nat.*, Paris 1919.
(³) *Thèse doct. Pharm.*, Paris 1920.

sèche. On a détruit les substances organiques par chauffage, dans un matras de verre exempt de zinc, avec un mélange d'acides sulfurique et nitrique purifiés au laboratoire. Lorsque la destruction a été complète, on a évaporé à sec et dosé le zinc dans le résidu par la méthode au zincate de calcium (¹). Des expériences de contrôle ont été exécutées: les acides chauffés en l'absence d'organes n'ont pas donné trace de zinc et l'on a toujours retrouvé, d'autre part, à $0^{mg},1$ près, le poids du métal, quand on en a ajouté (²).

Voici les résultats obtenus :

| Noms des organes ou tissus. | Eau pour 100. | Zinc en mg pour 100ᵍ de matière fraîche. | matière sèche. |
|---|---|---|---|
| Cerveau | 78,7 | 4,3 | 20,3 |
| » (autre cheval) | 77,8 | 6,2 | 28,4 |
| Moelle épinière | 64,3 | 7,3 | 20,3 |
| » (autre cheval) | 70,6 | 3,7 | 12,2 |
| Ganglion lymphatique | 82,8 | 4,2 | 24,3 |
| » (autre cheval) | 82,5 | 17,2 | 98,1 |
| Estomac | non dosée | – | 20,3 |
| Intestin grêle | non dosée | – | 18,2 |
| Foie | 69,4 | 7,5 | 24,3 |
| Pancréas | non dosée | – | 24,3 |
| Parotide | 70,0 | 4,9 | 26,3 |
| Cœur | 63,0 | 7,1 | 26,3 |
| Poumon | 78,8 | 3,9 | 18,2 |
| Thyroïde | non dosée | – | 16,3 |
| Rate | 77,8 | 4,5 | 20,3 |
| Rein | 82,8 | 5,7 | 32,4 |
| Capsule surrénale | 75,0 | 9,1 | 36,5 |
| Ovaire | 83,4 | 3,3 | 20,3 |
| Glande mammaire | 59,3 | 36,3 | 89,1 |
| » (même cheval) | » | 34,6 | 85,1 |
| » (autre cheval) | non dosée | – | 20,3 |
| Testicule | 69,0 | 22,7 | 72,9 |
| » (même cheval) | » | 21,4 | 68,9 |
| » (autre cheval) | non dosée | – | 24,3 |
| Muscle strié | 77,3 | 6,0 | 26,3 |
| » lisse (paroi stomacale) | 81,8 | 5,5 | 30,4 |
| Os (fémur) | 23,0 | 31,0 | 40,5 |
| Moelle osseuse | 90,0 | 3,2 | 32,4 |
| Peau | non dosée | – | 20,3 |
| Poils | non dosée | – | 28,4 |
| Sabot | non dosée | – | 20,3 |

De ces résultats, on peut conclure :

1° Que tous les organes et tissus du cheval renferment du zinc en proportions notables : de $3^{mg}$ à $36^{mg}$ pour $100^{g}$ de matière fraîche et de $12^{mg}$

(¹) GABRIEL BERTRAND, *Comptes rendus*, t. 115, 1892, p. 939. — G. BERTRAND et JAVILLIER, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 1, 1907, p. 63, et t. 3, 1908, p. 114.

(²) Pour les détails, voir le Mémoire qui paraîtra dans le *Bulletin de la Société chimique de France*.

à $98^{mg}$ pour $100^{g}$ de matière sèche, soit donc, dans certains organes, jusqu'à $1^{g}$ environ de métal par kilogramme de matière sèche.

2° Que la teneur en zinc ne varie pas seulement d'un organe ou d'un tissu à un autre, mais qu'elle varie encore, d'une manière parfois assez importante, dans le même organe ou tissu suivant l'individu; par exemple, de $24^{mg}$ à $98^{mg}$ dans les ganglions lymphatiques, de $24^{mg}$ à $73^{mg}$ dans les testicules, de $20^{mg}$ à $89^{mg}$ dans les glandes mammaires, etc.

Ces variations suffisent à expliquer, en dehors d'autres causes, la discordance des classements d'organes et de tissus mentionnée au commencement de cette Note. Elles s'accordent, d'autre part, avec la supposition que le zinc, en raison de son rôle physiologique, est un élément d'une grande mobilité à travers l'organisme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence favorable du sélénium sur quelques moisissures provenant de l'industrie fromagère.* Note de MM. **Antonín Němec** et **Václav Káš**, présentée par M. L. Maquenne.

A la suite de quelques recherches sur l'influence qu'exerce le sélénium sur les cultures en milieu liquide, nous avons remarqué que dans les milieux solides ce corps donne lieu, après quelque temps, à un développement surprenant des moisissures. Cette observation nous a conduits à l'idée d'étudier l'influence du sélénium, à l'état de traces, sur le développement de quelques Mucédinées, cultivées dans les conditions les plus favorables, en présence de zinc et de manganèse, comme dans les expériences de MM. Javillier et Bertrand sur l'*Aspergillus niger*.

Nos essais ont porté sur des cultures pures de *Penicillium candidum*, *P. album* Epstein, *P. Roqueforti* Thom. et *P. aromaticum casei* II Ohlsen, ensemencés sur liquide de Raulin modifié de la manière suivante, en rapport avec leurs besoins spécifiques (1) :

| | g | | g |
|---|---|---|---|
| Eau distillée | 1000 | Sulfate d'ammonium | 0,153 |
| Lactose | 46,6 | Sulfate de magnésium | 0,710 |
| Acide lactique | 2,66 | Sulfate ferroso-ammonique | 0,081 |
| Carbonate de potassium | 0,40 | Silicate de potassium | 0,046 |
| Nitrate d'ammonium | 2,66 | Sulfate de zinc | 0,081 |
| Phosphate d'ammonium | 0,40 | Carbonate de manganèse | 0,081 |

(1) Jaroslav Dvořák, *Biochemické studie některych, v sýrařství dulezitych, plísní rodu* Penicillium (*Rozpravy české akademie provědy, slovesnost a umění*, **36**, II, n° **31**, Prague, 1917).

Cette solution était répartie par $100^{cm^3}$ dans des fioles d'Erlenmeyer de $1^l$, nettoyées au préalable par l'acide sulfurique chaud et lavages à l'eau distillée très pure, bouchées à l'ouate et stérilisées par chauffage à l'autoclave sous $2^{atm}$. Chaque série comprenait un témoin, sans sélénium, les autres fioles recevant des quantités croissantes de séléniate de sodium (à 45,5 pour 100 de sélénium en moyenne), depuis un milliardième jusqu'à un dix-millième du poids total de la solution. Ensemencées aseptiquement avec des cultures pures faites sur le même milieu, elles ont été toutes maintenues dans un sous-sol à la température constante de 17° et examinées chaque jour.

Les spores de *P. Roqueforti* germent déjà après 24 heures, bien avant le *P. candidum*, qui pourtant est beaucoup plus sensible à l'action du sélénium. Ce qu'il y a d'intéressant, c'est que les colonies se développent d'abord dans les témoins, mais se trouvent bientôt en retard sur les autres. Il semble que le sélénium soit réellement favorable à l'évolution des spores; à ce point de vue, il présente une certaine analogie avec le manganèse. Les notions détaillées de nos expériences sur ce point seront publiées dans un Mémoire plus étendu.

Après 14 jours de culture, les différences sont déjà évidentes; mais, occupés par d'autres travaux, nous n'avons pu terminer ces expériences qu'au bout de 28 jours; le mycélium a été alors soigneusement lavé, le contenu des fioles filtré, le tout essoré à la trompe dans un creuset de Gooch et finalement séché à 105° jusqu'à poids constant.

Les différences sont, au bout de ce temps, un peu moins grandes qu'on aurait pu le supposer d'après l'aspect des cultures après 14 jours; elles sont néanmoins encore très notables et suffisantes pour démontrer l'action favorable du sélénium.

Le Tableau suivant donne les résultats de quelques-uns de ces essais :

| Dilution du séléniate de sodium. | *Penicillium Roqueforti.* Mycélium sec. | *Penicillium Roqueforti.* Augmentation pour 100. | *Penicillium candidum.* Mycélium sec. | *Penicillium candidum.* Augmentation pour 100. |
|---|---|---|---|---|
| 0...... | 0,3009 g | » | 1,3663 g | » |
| $1.10^{-9}$.... | 0,3416 | 13,5 | 1,3712 | 0,36 |
| $1.10^{-8}$.... | 0,3767 | 25,1 | 1,3727 | 0,47 |
| $1.10^{-7}$.... | 0,3832 | 27,3 | 1,4072 | 2,99 |
| $1.10^{-6}$.... | 0,3480 | 15,8 | 1,3814 | 1,15 |
| $1.10^{-5}$.... | 0,4013 | 33,3 | » | » |
| $1.10^{-4}$.... | 0,4136 | 37,4 | 1,3101 | −4,11 |

L'effet est réellement considérable sur le *P. Roqueforti;* il semble que,

dans le cas du *P. candidum*, au bout du temps qu'ont duré les cultures, le sélénium devienne toxique dès que sa dose augmente au delà d'une certaine limite.

Nous nous sommes enfin demandé si le sélénium exerce une influence sur la fixation des éléments minéraux par les moisissures, en d'autres termes si des doses extrêmement petites de ce corps suffisent à accroître le poids des cendres, comme il arrive sous l'action du manganèse et du zinc chez les plantes supérieures et l'*Aspergillus niger;* en même temps que les variations globales des cendres, nous avons suivi celles de leur partie prépondérante : l'acide phosphorique.

Les résultats obtenus dans les expériences faites en présence de zinc, de manganèse et de doses variées de sélénium sur le *P. candidum* sont résumés dans le Tableau suivant :

| Dilution du sélénium introduit. | Cendres pour 100 de mycélium sec. | $P^2O^5$ pour 100 de mycélium sec. | $P^2O^5$ pour 100 de cendres. |
|---|---|---|---|
| 0 | 4,15 | 1,96 | 47,04 |
| $46.10^{-11}$ | 4,86 | 1,61 | 33,09 |
| $46.10^{-10}$ | 4,93 | 1,59 | 32,56 |
| $46.10^{-9}$ | 4,11 | 1,54 | 37,56 |
| $46.10^{-8}$ | 3,98 | 1,56 | 39,20 |
| $46.10^{-6}$ | 3,69 | 1,64 | 44,41 |

Les cendres augmentent avec la dose de sélénium, jusqu'à un certain maximum au-dessus duquel elles décroissent.

ZOOLOGIE. — *La formation du polypier chez les Antipathaires.* Note de M. **J.-L. Dantan**, présentée par M. F. Henneguy.

L'origine du squelette des Antipathaires a été recherchée par von Koch qui a affirmé, sans en fournir la preuve, qu'elle était ectodermique et cette opinion a été admise par Brook, Roule et Van Pesch. Il se produirait, suivant une ligne diamétralement opposée à la région buccale des polypes, une invagination du feuillet externe qui, refoulant l'endoderme et le mésenchyme dans la cavité gastro-vasculaire, le ferait pénétrer lui-même à son intérieur; après la fermeture de l'orifice, le rapprochement et la soudure des deux lames mésogléennes, la partie invaginée se trouverait isolée.

Cependant Van Pesch, ne trouvant pas, chez quelques espèces, trace

d'une invagination le long des branches, a cru qu'elle avait lieu à leur extrémité.

Les recherches que j'ai faites sur le *Parantipathes larix* (Esper), l'*Antipathella subpinnata* (Ellis et Solander) et le *Leiopathes glaberrima* (Esper), m'ont conduit à des conclusions très différentes.

Comme l'a observé le savant hollandais, l'axe ne s'étend pas toujours jusqu'à l'extrême pointe des branches, mais les deux dispositions se rencontrent sur la même colonie : elles ne sont donc pas caractéristiques des espèces.

Lorsqu'il n'atteint pas tout à fait l'extrémité, l'interprétation est beaucoup plus facile; aussi est-ce ce cas que je décrirai en me servant d'une étude faite sur le *Parantipathes larix*.

Les coupes verticales, perpendiculaires à l'axe, montrent, jusqu'à $452^{\mu}$ de la pointe, les massifs internes et externes soudés et présentant la structure bien connue décrite par Brook. A partir de ce niveau, le squelette, avec tout son revêtement, se sépare de la paroi du corps, par suite de la non-formation du septum longitudinal ou, plus exactement, parce qu'il y a un retard dans sa formation.

L'épithélium sécréteur est, là, très développé. Ses cellules ne sont pas perpendiculaires à l'axe, mais dirigées obliquement vers le dedans et vers le haut, disposition qui, sans être la même, rappelle celle des calicoblastes; elles sont de deux sortes : les unes superficielles, allongées, effilées à leur partie terminale; les autres profondes, emboîtées dans les précédentes et destinées à les remplacer. Tout autour se trouve le mésenchyme renfermant la mésoglée axiale, et enfin l'endoderme interne épais, abondamment pourvu de glandes, dont les cellules épithélio-musculaires portent de longs flagelles.

Les tissus qui forment la paroi du corps ne présentent aucune particularité remarquable : l'ectoderme est tout entier cilié, comme l'a, le premier, observé de Lacaze-Duthiers, et j'ajouterai que les cils sont portés par les extrémités étalées des cellules épithélio-musculaires.

En se rapprochant de l'extrémité, les cellules sécrétrices deviennent moins hautes et le squelette a, presque toujours, un contour irrégulier; puis, un peu plus loin, les éléments formateurs se disposent irrégulièrement autour de lui. Bien que l'axe s'accole parfois à la mésoglée, il s'en distingue toujours aisément par sa structure finement réticulée et aussi par la coloration jaunâtre qu'il prend par la méthode de Van Gieson alors que celle de la mésoglée est rouge.

Plus en avant, l'axe lui-même disparaît et, à l'intérieur de la mésoglée axiale, il n'y a plus que des cellules mésenchymateuses de formes irrégulières, à prolongements courts, évidemment douées de mouvements amiboïdes, qui montrent encore, dans leur structure, les caractères des cellules sécrétrices.

Enfin, l'anneau de mésoglée est remplacé par une lame de cette même substance recouverte elle-même par l'endoderme et celui-ci disparaît à 132$^{\mu}$ de l'extrémité de la branche.

Une étude semblable, faite sur une branche de l'*Antipathella subpinnata*, dont l'axe s'étendait sur toute sa longueur, a montré les mêmes faits essentiels. La seule particularité à signaler est que, tout à fait à sa pointe, le squelette n'était entouré que par ses cellules formatrices, le mésenchyme et l'endoderme : la mésoglée axiale manquait, mais elle s'est montrée 10$^{\mu}$ plus près de la base.

Les autres séries que j'ai examinées m'ont montré quelques différences dues : les unes à la présence du septum de mésoglée sur toute la longueur ou à son absence près de la pointe, les autres à ce que des cellules du mésenchyme sont venues se placer entre la lamelle de soutien et le squelette et se sont ajoutées très probablement aux cellules sécrétrices, ou encore à ce que, ces dernières étant devenues très rares à l'extrême pointe, l'axe apparaît au milieu de la mésoglée dont il semble n'être que la partie centrale différenciée. Malgré cela, le développement est, en somme, toujours le même et il ressort de mes observations :

1° *Qu'il n'y a jamais invagination ni prolifération de l'ectoderme* soit à l'extrémité de la colonie ou des branches, soit à quelque distance en arrière.

2° Que la première ébauche du squelette est toujours pleine et que par suite il n'est pas, comme l'a prétendu Roule, sécrété d'emblée avec la structure creuse qu'il aurait, suivant cet auteur, chez l'adulte.

3° Que l'épithélium sécréteur est formé par des cellules mésenchymateuses disposées de telle sorte qu'elles sont obliques vers l'intérieur et vers le haut, cellules qui proviennent en partie de la multiplication de celles situées plus près de la base, en partie d'éléments nouveaux émigrés de l'intérieur du feuillet moyen.

L'origine du squelette interne des Anthozoaires a été le sujet des mêmes discussions que celle des produits sexuels : les uns, les plus nombreux, l'ont fait dériver de l'ectoderme, les autres de l'endoderme. Il me paraît que tout s'explique aisément par ce fait que les cellules sécrétrices ne sont pas, comme

cela a été dit, toujours sans preuve, émigrées des feuillets primordiaux mais des éléments du mésenchyme et que, par suite, *chez tous, le squelette interne est d'origine mésodermique.*

ZOOLOGIE. — *Sur la reproduction des Lombriciens* (¹) *limicoles : l'accouplement et la ponte, le cocon.* Note de M. **M. Delphy**, présentée par M. Ed. Perrier.

Les premiers phénomènes de la reproduction des Lombriciens, l'accouplement et la ponte, avec la formation concomitante du cocon, n'ont été que rarement observés, ainsi d'ailleurs que le développement de ces Vers, connu seulement chez un petit nombre de types et surtout de Terricoles. Cela ne doit pas surprendre, car l'observation de ces phénomènes exige une patience extrême et quelque connaissance des conditions nécessaires à leur production; elle ne peut en outre évidemment se faire qu'*in vivo*.

J'ai retrouvé sur la côte de la Hougue, sur la Manche, l'Enchytréoïde [*Enchytræoides enchytræoides* (Saint-Loup)] du développement duquel M. Roule a fait, il y a plus de 30 ans, une belle étude, et j'ai pu en observer la reproduction. Dans la même région, j'ai eu la bonne fortune de découvrir les pontes du Clitellio des sables [*Clitellio arenarius* (P.-F. Müller)], pontes qui n'avaient encore jamais été observées, quoique ce Tubificidé soit peut-être le Lombricien thalassophile le plus commun et le plus abondant.

La période de ponte est extrêmement courte; c'est à peine si elle dure quelques jours et il semble que tous les Enchytréoïdes ou tous les Clitellio d'une même région pondent à peu près en même temps. Il est donc très difficile de trouver des cocons fraîchement pondus et d'observer soit leur dépôt, soit les tout premiers stades du développement, d'autant plus que ce développement embryonnaire, depuis la ponte jusqu'à la sortie des jeunes du cocon, s'effectue avec une assez grande rapidité, et s'achève en 10 à 15 jours environ. M. Roule, qui a étudié des Enchytréoïdes provenant de Marseille, indique que « l'époque de la reproduction pour ces animaux est comprise entre le mois de novembre et le mois de mai »; à Tatihou (Manche), aussi bien pour l'Enchytréoïde que pour le Clitellio, il y a deux époques annuelles, bien distinctes, de reproduction, l'une au printemps (mai-juin),

(¹) *Annelida lumbricina* Savigny, 1820 (*Oligochæta* Grube, 1851).

l'autre à l'automne (octobre-novembre). Pour l'un et pour l'autre de ces Vers, la ponte s'effectue dans des conditions assez différentes de ce que l'on connaissait jusqu'ici : en effet, les Lombriciens limicoles observés jusqu'ici (V. Lemoine, Roule, Kovalevsky, Vejdovsky) déposent leurs cocons, d'une manière plus ou moins sporadique, sur les plantes parmi lesquelles et aux dépens desquelles ils vivent. Il en était notamment ainsi des Enchytréoïdes observés par M. Roule en Méditerranée. Au contraire, les cocons que j'ai étudiés se trouvaient adhérents à la face inférieure de pierres plus ou moins grosses, à la limite de la pleine mer des marées moyennes, c'est-à-dire à peu près au niveau de la Pelvétie canaliculée ou un peu plus haut. L'Enchytréoïde vit cependant, à Tatihou, dans les algues et zostères rejetées par la mer, parfois il y est abondant; mais je n'ai jamais trouvé dans ce milieu de cocons de ce ver, j'y ai récolté seulement des cocons que je crois devoir rapporter à l'Enchytrée humicole ou au Pachydrile verruqueux. N'ayant pas trouvé d'Enchytréoïdes dans les Varechs frais, je n'ai pas eu l'idée d'y chercher des cocons.

Quant au Clitellio, comme il vit toujours dans du sable plus ou moins vaseux, souvent sous des pierres plus ou moins volumineuses, qui entretiennent dans ce sable une humidité suffisante pendant la basse mer, il n'est pas surprenant de trouver sa ponte en un tel milieu.

Les cocons de l'Enchytréoïde sont isolés les uns des autres, quoique parfois relativement nombreux en un même endroit; ils mesurent environ $0^{mm},50$ à $0^{mm},75$ de long sur une largeur un peu moindre et une épaisseur moindre encore. Ceux du Clitellio sont agglomérés, pressés les uns contre les autres, parfois même les uns sur les autres, très adhérents entre eux et au substrat; ils mesurent $1^{mm}$ à $1^{mm},5$ de long, sont presque aussi larges que longs et moitié moins épais.

La ponte suit certainement de très près l'accouplement, et la fécondation des ovules se fait au moment même de la ponte, car la segmentation commence aussitôt. Voici ce que l'on peut observer chez l'Enchytréoïde : quelque temps avant l'époque de la reproduction, les Enchytréoïdes sexuellement mûrs, à clitellum bien développé, sont rassemblés en très grand nombre dans un endroit très restreint, où ils pullulent littéralement, très serrés les uns contre les autres. C'est alors que se produit l'accouplement; je ne l'ai pas directement observé d'un bout à l'autre, mais les états successifs des organes génitaux et des spermathèques ne permettent pas de penser qu'il puisse se produire autrement que de la manière suivante : chacun des deux vers accouplés joue simultanément le rôle du mâle

et celui de la femelle; les spermatozoïdes, agglutinés en spermatophores, sont introduits par chacun dans les spermathèques de l'autre, les deux vers étant accolés tête-bêche, mais non réunis dans un anneau clitellien commun, comme cela a été observé chez certains vers de terre. En effet, à cette époque seulement et pendant un temps assez court, les spermathèques atteignent leur plus complet développement et renferment des spermatophores.

La ponte se produit presque aussitôt après. Dans le cocon secrété par le clitellum sont déposés les œufs et, au moment du passage du cocon, non encore clos, devant les ouvertures des spermathèques, des spermatophores y sont déposés à leur tour. La fécondation se produit aussitôt et la segmentation commence. Il y a généralement huit œufs dans le cocon de l'Enchytréoïde et généralement quatre dans celui du Clitellio.

J'ai pu observer la ponte directement sur le Clitellio; elle présente une particularité fort remarquable. Comme tous les Lombriciens limicoles et un certain nombre de terricoles, le Clitellio possède un clitellum complet, faisant tout le tour du corps, méritant bien le nom de *cingulum* proposé par Rosa et ne montrant pas de développement plus considérable de l'une de ses faces. Or, au moment de l'émission des œufs, ceux-ci sont entourés par une sorte de mucus qui se condense comme une goutte suspendue à la moitié ventrale seule du clitellum. A mesure que les œufs sont émis, cette goutte muqueuse grossit et se solidifie et devient le cocon, que l'animal dépose en glissant pour ainsi dire dessus, produisant cette apparence que le cocon provient uniquement de la région ventrale du clitellum.

Le cocon ne tarde pas à adhérer au substrat et à agglomérer les grains de sable et les détritus de toute sorte qui viennent à le frôler, ce qui ne laisse pas que de contribuer à le rendre opaque et difficilement visible. La ressemblance de ces cocons avec des grains de sable, des granules de la pierre sur laquelle ils sont collés, est telle qu'elle éveille l'idée de ce qu'on entend en général par *mimétisme;* si mimétisme il y a, il ne saurait être en aucune manière protecteur.

La substance qui constitue la paroi du cocon devient donc assez rapidement solide; elle a à peu près la consistance d'un papier un peu fort et se brise assez aisément. Elle est parfaitement anhiste et ne se colore qu'à peine par les colorants les plus énergiques, comme par exemple le carmin boracique de Grenacher. Elle a une constitution très analogue à celle de la cuticule des Lombriciens. Elle se montre en effet, sur des coupes minces (de $1^{\mu}$ à $3^{\mu}$ d'épaisseur), constituée de couches minces superposées, allant

en s'épaississant vers les deux pôles du cocon. On a observé chez plusieurs terricoles, des cocons enveloppés d'une double membrane, une interne plus épaisse et plus dure, et une externe plus mince et plus souple; il en serait de même chez le Rhynchelveris (Véjdovsky). Rien de semblable ne peut s'observer ni chez l'Enchytréoïde, ni chez le Clitellio. Les cocons de ces derniers ne renferment non plus, contrairement à beaucoup d'autres, aucune trace de substance albumineuse pour la nourriture des embryons : leurs ovules holoécithes sont chargés de granulations vitellines.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Recherches sur la présence d'organismes vivants dans les fossiles crétacés, ferrugineux, pyriteux et siliceux.* Note de M. V. **Galippe**, présentée par M. Henneguy.

Ce travail est la suite et la confirmation des recherches expérimentales que j'ai publiées, de 1886 à 1913, sur le rôle des microrganismes dans la formation des concrétions amorphes ou cristallisées rencontrées chez les êtres vivants. Le mécanisme de la fossilisation ne me paraît pas en différer et ce sont ces organismes intracellulaires qui, mis en liberté, après la mort individuelle des animaux fossilisés et agissant comme agents chimiques, ont provoqué *in situ* la précipitation, à l'état amorphe ou cristallisé, des différents composés maintenus en solution dans le milieu liquide qui les baignait. Il a pu également se produire des phénomènes de substitution. On observe des faits identiques chez les végétaux fossilisés (Algues).

Ainsi que je l'écrivais en 1894, la formation de la craie n'a vraisemblablement pas d'origine différente.

Ce n'est donc ni à une action de présence, ni à un phénomène d'attraction, ni à une affinité élective que l'on doit attribuer la fossilisation des êtres organisés; mais aux éléments vivants qu'ils renfermaient; ceux-ci ont provoqué des réactions chimiques se produisant, lentement et simultanément, sur des espaces extrêmement limités, avec une telle précision et une telle continuité, qu'on a pu justement comparer la perfection de cette substitution à un dépôt électrochimique.

Ces infiniments petits ont résisté à l'action du temps et on les retrouve vivants dans les fossiles.

Pour expliquer leur présence, on pourrait invoquer la perméabilité des fossiles, propriété qu'ils partageraient avec les couches géologiques au milieu desquelles ils sont renfermés. Nous ne pensons pas qu'il en soit ainsi,

au moins dans la généralité des cas. Si, antérieurement à la fossilisation et au cours de celle-ci, des organismes étrangers ont pénétré dans les fossiles, ils ont subi le sort commun et ont été fossilisés à leur tour. Si, postérieurement à la fossilisation, des organismes végétaux ou animaux ont pu envahir les fossiles, il est infiniment probable qu'ils ont été également fossilisés. Dans le cas où la pénétrabilité des fossiles serait un phénomène général, la flore de ceux-ci serait extrêmement variée, mais sauf dans quelques spécimens que nous signalerons, cette flore était, pour ainsi dire, uniforme. C'est ce que nous avons constaté aussi bien dans nos examens microscopiques directs que par celui de nos cultures. Néanmoins, nous avons cru devoir tenir compte de cette objection.

La technique que nous avons suivie est la suivante : quand le volume du fossile était trop considérable, celui-ci était fragmenté. Le fragment, prélevé autant que possible au centre, après avoir été flambé au bec de Bunsen, était abondamment lavé dans un flacon stérilisé, avec de l'eau distillée également stérilisée, puis mis en contact pendant vingt-quatre heures, souvent plus longtemps, avec de l'eau distillée stérilisée, sursaturée d'éther et fréquemment agité. Après avoir été essuyé entre des feuilles de papier à filtrer, stérilisé, le fragment de fossile, ou le fossile tout entier quand son volume le permettait, était mis pendant vingt-quatre heures au moins, souvent plus, dans de l'éther pur. Après ce traitement, le fossile était de nouveau passé à la flamme d'un bec de Bunsen et pulvérisé dans un mortier d'Abisch, préalablement stérilisé. La poudre impalpable obtenue était mise en contact, pendant une demi-heure, avec $15^{cm^3}$ d'eau distillée stérilisée additionnée de huit gouttes d'acide chlorhydrique pur. Dans le cas de fossiles crétacés, il se produisait un dégagement d'acide carbonique, ou d'acide sulfhydrique quand le fossile contenait du sulfure de fer. La poudre était ensuite recueillie sur un filtre stérilisé, lavée à l'eau distillée stérilisée, séchée et ensemencée.

Dans le cas de fossiles siliceux, nous avons remplacé l'acide chlorhydrique par de la lessive de soude employée à la même dose.

Nous avons toujours pratiqué l'examen microscopique direct du produit de la pulvérisation du fossile et, dans la grande généralité des cas, nous y avons constaté la présence de microzymas et de bacilles ovoïdes doués de mouvements généralement très vifs. Cependant dans un certain nombre de fossiles, et particulièrement dans ceux qui étaient ferrugineux, ces organismes étaient immobiles, ainsi du reste que les particules les plus fines du fossile.

Rarement nous avons constaté la présence de bâtonnets en petit nombre, et seulement dans *l'Ammonite*, dans la *Craie*, dans un *Polypier primaire*, dans le *Strophonema* et dans un *Oursin*. Non seulement on voit ces organismes libres dans la préparation, mais encore inclus dans des fragments de cristaux ou des parcelles translucides. Dans les fossiles calcaires examinés à la lumière polarisée, les microrganismes montrent la même biréfringence que la calcite. Cependant, chez un fossile ferrugineux les microrganismes ne montraient pas de biréfringence, alors que la substance même du fossile était douée de cette propriété.

Nos expériences ont porté sur 34 espèces de fossiles dont certaines ont été l'objet de plusieurs expériences comparatives. En voici la liste :

*Oursin* (Crétacé) 2 spécimens; *Belemnite* (Lias) 2 spécimens; *Ammonite* (Barrémien); *Polypier ferrugineux* (Néocomien); *Terebratule* (Crétacé inférieur); *Ammonite* (Aptien); *Ammonite ferrugineuse* (Barrémien); *Térébratule ferrugineuse* (Aptien, Maroc); *Rynchonella* (Crétacé) 3 spécimens; *Cosmoceras* (Crétacé); *Pecten* (Crétacé); *Test de Baculite* (Crétacé); *Natica* (Tertiaire); *Inocerame* (Crétacé) (Test et région interne); *Polypier primaire* (Eocène); *Ostrea* (Crétacé); *Phylloceras* (Secondaire); *Strophonema* (Primaire); *Belemnite* (Lias); *Spondylus* (Crétacé); *Lima gigantea* (Lias); *Harpoceras complanatum* (Lias de Salins); *Arca liasina* (Lias de Salins); *Spondylus spinosus* (Crétacé supérieur); *Echinocorys vulgaris* (Crétacé supérieur) : *Nucula pectinata* (Crétacé inférieur); *Jerea* (Spongiaire, Crétacé supérieur).

Ainsi que nous l'avons dit, la flore des fossiles n'est pas variée. Les microzymas et les bacilles ovoïdes donnent naissance à des bâtonnets courts, réunis en amas ou en chaînettes, formant un voile blanc ou jaunâtre à la surface des milieux de culture. Ces microorganismes sont généralement doués de mouvements très vifs.

Dans certains fossiles (*Test de Baculite*, *Natica*, *Inocerame*, *Polypier primaire*, *Polypier* [Eocène], *Strophonema*, *Spondilus*) nous avons observé des corps ressemblant à des spores et se reproduisant par bourgeonnement. Ces corps donnent naissance à de petites sphérules douées de contractilité. Ils se développent au contact direct des fragments de fossile. Dans un cas [*Polypier* (Eocène)] nous avons vu ces corps émettre des prolongements tubulaires.

Nous avons également rencontré des formations ressemblant à des Foraminifères, mais beaucoup plus petites que celles décrites dans la craie.

Dans un *Strophonema*, dans un *Oursin* nous avons constaté la présence de

Protozoaires émettant des pseudopodes. Il nous a été impossible de les étudier faute d'un matériel approprié.

Bon nombre de nos milieux de culture ont présenté une coloration noire due à du sulfure de fer.

BACTÉRIOLOGIE. — *L'immunité chez les insectes.* Note (¹) de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Notre conception de l'immunité chez les insectes diffère essentiellement de celle de Metalnikoff (²) : nous ne croyons pas que l'immunité résulte essentiellement d'un changement dans l'activité des phagocytes. La conclusion qui découle de toutes nos expériences est que l'immunité (naturelle ou acquise) doit être considérée comme la résultante d'une série de réactions de nature différente, en corrélation plus ou moins étroite les unes avec les autres, et dont l'intensité varie suivant les individus, les espèces microbiennes inoculées, la température, etc. L'ensemble de toutes ces réactions, humorales et cellulaires, constitue un tableau biologique caractérisé par sa grande complexité et son extrême variabilité.

Lorsqu'on inocule dans la cavité générale d'insectes offrant une certaine résistance à l'infection microbienne, comme, par exemple, les chenilles d'*Euproctis chrysorrhœa*, de *Lymantria dispar*, de *Vanessa polychloros*, des coccobacilles peu pathogènes, en particulier *B. melolonthæ non liquefaciens* β et γ, *B. pieris non liquefaciens* α, *B. bombycis non liquefaciens* α (³), on observe toujours, en cas d'immunité, une transformation plus ou moins complète de ces bacilles en granules. Cette transformation en granules, que nous désignerons sous le nom de *granulose*, commence en moyenne vers la quatrième ou cinquième heure, mais elle peut être retardée, comme nous l'avons observé pour *B. bombycis non liquefaciens* α inoculé aux chenilles d'*Euproctis*.

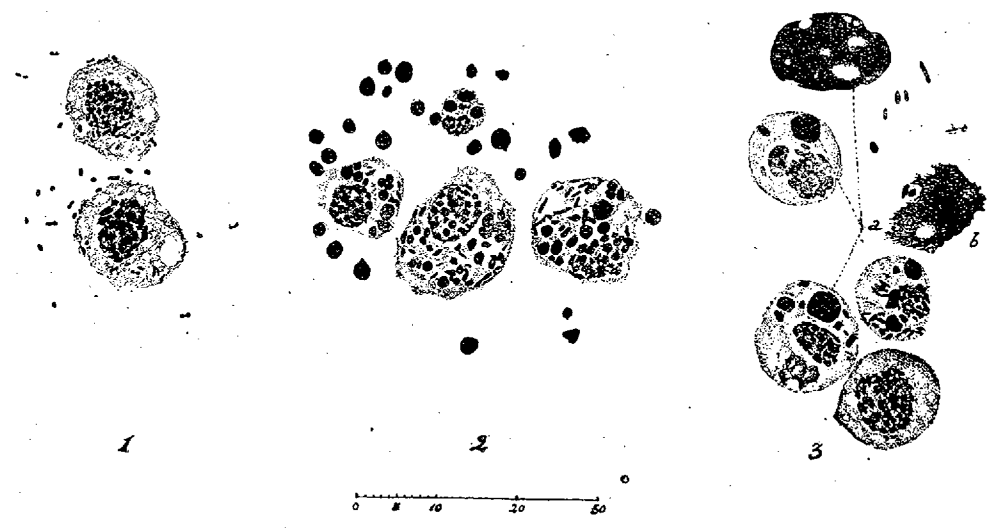
La granulose peut être suivie de bactériolyse, mais souvent aussi on observe que les granules continuent de s'accroître; le cas du *B. pieris non liquefaciens* α inoculé aux chenilles de *Lymantria dispar* réalise le type de

(¹) Séance du 11 octobre 1920.

(²) *Comptes rendus Soc. Biol.*, t. 83, p. 817.

(³) Bacille isolé au cours d'une coccobacillose dans un élevage défectueux; diffère de celui isolé par Chatton, en 1913, par son action sur la gélatine. Il ne fait fermenter que le glucose, le lévulose, le saccharose et l'arabinose.

cette curieuse réaction : peu après l'inoculation (vers la deuxième ou troisième heure), les microbes perdent la faculté de se mouvoir et se transforment progressivement en granules; sous cette forme nouvelle, ils continuent de se développer, non plus dans une seule direction, comme les bacilles normaux, mais dans toutes les directions à la fois; ils se transforment ainsi en grosses masses arrondies dont les dimensions, par rapport à celles des bacilles, peuvent être énormes (*fig.* 3, *a*).




Transformations de *B. pieris non liquefaciens* α dans le sang vivant des chenilles de *Lymantria dispar* : 1, 1 heure après l'inoculation; 2, 8 heures après; 3, 24 heures après.

La vitalité de ces masses paraît assez faible : quand elles ne sont pas englobées par les micronucléocytes, on les voit assez rapidement perdre leur forme arrondie, se désagréger, puis disparaître dans la masse du sang (*fig.* 3, *b*). Bien que la granulose soit générale, la chenille peut néanmoins succomber à l'infection : on observe alors une multiplication rapide des microbes sous la forme normale en même temps que disparaissent progressivement les masses microbiennes. Dans le sang des chenilles autres que celles de *Lymantria dispar*, on n'observe pas la formation de masses géantes.

*B. melolonthæ non liquefaciens* β détermine une réaction analogue à celle de *B. pieris non liquefaciens* α. Quant aux autres coccobacilles ils subissent bien, dans le sang des chenilles inoculées, la transformation granulaire, mais les granules restent généralement petits ou, s'ils grossissent, ne donnent jamais de formes géantes comme le bacille β; ils disparaissent

du sang de la même manière que ces masses géantes. Ils sont beaucoup plus énergiquement phagocytés que les microbes normaux; ces derniers, d'autre part, ne subissent jamais la transformation granulaire dans le protoplasme des micronucléocytes. Nous considérons comme très importantes ces deux propriétés, car elles tendraient à démontrer : 1° que les variations dans l'intensité de la phagocytose sont moins la conséquence d'un changement dans la sensibilité du phagocyte que celle d'une modification physico-chimique de la substance microbienne; 2° que les phagocytes ne jouent aucun rôle, ni directement ni indirectement, dans la transformation granulaire des microbes.

La destruction extracellulaire des microbes dans le sang des insectes, n'est pas nécessairement précédée de leur transformation en granules : si l'on inocule, par exemple, une émulsion de *B. proteidis* [1] dans la cavité générale de chenilles résistantes, on observe, dès les premières heures, que beaucoup d'entre eux s'hypertrophient et se déforment plus ou moins; sur frottis colorés, on observe en outre qu'ils perdent peu à peu leur colorabilité; ils disparaissent ensuite dans le sang, ou sont phagocytés. Quelques bacilles peuvent résister à l'action sanguine, se multiplier activement et déterminer la mort des chenilles par septicémie.

Les deux réactions que nous venons de décrire semblent devoir être considérées comme deux types nouveaux de réaction humorale; elles n'ont lieu que dans le sang vivant complet; *in vitro*, les microbes se multiplient normalement. L'hypothèse des bactériolysines et des opsonines, qui explique si clairement la plupart des phénomènes d'immunité chez les Vertébrés, ne peut les expliquer aussi bien chez les insectes; d'autres hypothèses doivent donc être envisagées.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

---

(1) Bacille isolé du sang de *Pieris brassicæ* colorable par la méthode de Gram très protéiforme : sur une même préparation, on rencontre à la fois des éléments en forme de coccus plus ou moins allongés, d'autres en forme de bâtonnets allongés, droits ou incurvés, renflés dans la partie médiane ou à une extrémité. Dimensions ordinaires : 1; $1^{\mu} \times 1^{\mu},5$ à $4^{\mu}$. Il cultive abondamment sur les milieux de culture ordinaires et fait fermenter tous les sucres.

## *ERRATA.*

(Séance du 30 août 1920.)

Note de M. *H. Deslandres*, Sur la reconnaissance dans les étoiles des couches successives de leur atmosphère, et des variations périodiques de ces couches :

Page 454, ligne 20, *au lieu de* Plus tard, en 1917, *lire* Plus tard, en 1913.

(Séance du 20 septembre 1920.)

Note de M. *J. Andrade*, Interprétation géométrique de la méthode Résal-Caspari :

Page 544, ligne 7, *au lieu de* cette force est répulsive, *lire* cette force est attractive.

(Séance du 27 septembre 1920.)

Note de M. *Raoul Cerighelli*, Sur les échanges gazeux de la racine avec l'atmosphère :

Page 576, ligne 20 (2e tableau), *au lieu de* $CO^2$ absorbé et O dégagé, *lire* $CO^2$ dégagé et O absorbé. Mêmes corrections pour les tableaux suivants du bas de la page 576 et du haut de la page 577.

Note de M. *P. Wintrebert*, Les rapports de l'irritabilité ectodermique aneurale avec les fonctionnements musculaires nerveux chez les embryons d'Amphibiens :

Page 583, ligne 20, *au lieu de* mésotiques, *lire* métotiques.
Page 585, ligne 9, *au lieu de* fonction, *lire* jonction.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MARDI 26 OCTOBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRÉS.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie que, en raison de la fête de la Toussaint, la séance du lundi 1er novembre sera remise au mardi 2.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les oscillations ellipsoïdales d'une sphère liquide.* Note de M. **Paul Appell.**

I. Dans une Thèse de Doctorat récemment soutenue [1] devant la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, M. Globa-Mikhaïlenco a attiré l'attention sur un passage, singulièrement obscur, du célèbre Mémoire de Poincaré concernant l'équilibre d'une masse fluide animée d'un mouvement de rotation [2], passage dans lequel Poincaré étudie les petits mouvements relatifs d'un ellipsoïde fluide rapporté à un système d'axes mobiles tournant avec une vitesse uniforme $\omega$ autour d'un axe fixe (*loc. cit.*, p. 355-365). Sans examiner ici le problème général, je crois utile de rappeler qu'il existe une autre voie par laquelle on peut trouver des mouvements oscillatoires simples que l'on pourra ensuite, dans le cas des oscillations infiniment petites, superposer par les méthodes classiques. Cette voie consiste à étudier d'abord les mouvements oscillatoires dans lesquels la surface libre, soumise à une pression constante, reste ellipsoïdale.

Cette question rentre dans le problème général du mouvement d'une

---

(1) *Contribution à l'étude du mouvement d'une masse fluide en rotation* (*Journal de Mathématiques de Jordan*, 1920).

(2) *Acta mathematica*, t. 7, p. 259-380.

masse fluide incompressible qui conserve la forme ellipsoïdale et dont les parties s'attirent suivant la loi de Newton, problème posé par Lejeune-Dirichlet en 1860 ([1]), résolu et étudié par lui dans les cas les plus simples; ce problème a été traité par Riemann en 1861 dans un Mémoire réimprimé dans ses œuvres complètes (1876, p. 168); il a également fait l'objet des recherches de Dedekind (*Journal de Crelle*, t. 58, p. 217), de Brioschi (*Ibid.*, t. 59), de Greenhill (*Proceed. of Cambridge Philos. Soc.*, t. 3 et 4), de Basset (*Proceed. of London Math. Soc.*, t. 17) et enfin de Stekloff (*Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. 25, 1908, p. 469, et t. 26, 1909, p. 275); on trouvera dans ces divers Mémoires des résultats beaucoup plus généraux que ceux que j'ai en vue, même pour les mouvements oscillatoires; je crois néanmoins utile d'appeler l'attention sur l'étude des oscillations ellipsoïdales autour d'un ellipsoïde d'équilibre relatif de Mac Laurin ou de Jacobi. Il y aurait intérêt à comparer les résultats de cette étude avec ceux de Poincaré. Je traiterai d'abord en détail le cas élémentaire d'une sphère immobile; je donnerai ensuite quelques indications sur un cas particulier de l'ellipsoïde en rotation.

II. *Sphère immobile.* — Soit une sphère liquide homogène immobile soumise à l'attraction newtonienne de ses particules et à une pression constante sur sa surface : elle est en équilibre stable. Appelons $r$ le rayon, $\rho$ la densité; prenons le centre comme origine et soient $x_0$, $y_0$, $z_0$ les coordonnées rectangulaires d'une molécule dans l'état d'équilibre

$$x_0^2 + y_0^2 + z_0^2 - r^2 \leqq 0. \tag{1}$$

Imaginons un déplacement dans lequel, à l'instant $t$,

$$x = a\frac{x_0}{r}, \qquad y = b\frac{y_0}{r}, \qquad z = c\frac{z_0}{r}, \tag{2}$$

$a$, $b$, $c$ étant des fonctions de $t$ qui, à l'instant initial $t = 0$, se réduisent à $r$. Alors, les points matériels qui étaient primitivement dans la sphère sont, à l'instant $t$, dans l'ellipsoïde

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 \leqq 0.$$

Nous allons vérifier qu'on peut satisfaire aux équations du mouvement en prenant pour expression de la pression au temps $t$

$$p = k\left(1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2}\right) + p_e, \tag{3}$$

([1]) Voir aussi *Journal de Crelle*, t. 58, p. 183.

$p_e$ étant la pression extérieure *constante*, et $k$ une fonction positive de $t$. On a alors, en désignant les dérivées par rapport à $t$ par des accents, les expressions suivantes des composantes $u$, $v$, $w$ de la vitesse d'une particule :

$$u = x' = \frac{a'}{r} x_0 = \frac{a'}{a} x, \qquad v = \frac{b'}{b} y, \qquad w = \frac{c'}{c} z.$$

L'équation de continuité d'Euler $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$ est alors

$$\frac{a'}{a} + \frac{b'}{b} + \frac{c'}{c} = 0,$$

c'est-à-dire $abc = r^3$, ce qui est évident.

Les projections de l'accélération d'une particule sont de même

$$J_x = x'' = \frac{a''}{a} x, \qquad J_y = \frac{b''}{b} y, \qquad J_z = \frac{c''}{c} z.$$

L'attraction de l'ellipsoïde sur l'unité de masse placée au point intérieur $x$, $y$, $z$ a pour projections

$$-f\rho P x, \quad -f\rho Q y, \quad -f\rho R z,$$

$f$ désignant le coefficient de l'attraction universelle, et P, Q, R ayant des valeurs dont je rappelle la première :

$$P = 2\pi abc \int_0^\infty \frac{d\lambda}{(a^2+\lambda)\sqrt{\varphi(\lambda)}}, \qquad \varphi(\lambda) = (a^2+\lambda)(b^2+\lambda)(c^2+\lambda)$$

où $abc = r^3$. Les équations du mouvement

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = X - J_x, \qquad \ldots$$

sont alors, après suppression des facteurs $x$, $y$, $z$,

$$(4) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\frac{a''}{a} + f\rho P = \frac{2k}{\rho a^2}, \\ &\frac{b''}{b} + f\rho Q = \frac{2k}{\rho b^2}, \\ &\frac{c''}{c} + f\rho R = \frac{2k}{\rho c^2}, \\ &\qquad abc = r^3. \end{aligned} \right.$$

On a ainsi quatre équations pour déterminer $a$, $b$, $c$, $k$ en fonction de $t$; les quantités P, Q, R dépendent de $a$, $b$, $c$. Sans m'arrêter à retrouver

l'intégrale des forces vives, je passe à l'objet principal de cette Note, l'étude des *oscillations infiniment petites*.

Soient

$$a = r(1+\xi), \qquad b = r(1+\eta), \qquad c = r(1+\zeta),$$

$\xi$, $\eta$, $\zeta$ étant des quantités très petites, ainsi que leurs dérivées par rapport au temps. Nous négligerons alors les carrés et les produits de ces quantités. En substituant dans P et faisant dans l'intégrale le changement de variable $\lambda = \mu r^2$, on a

$$P = 2\pi \int_0^\infty \frac{d\mu}{(1+\mu+2\xi)\sqrt{(1+\mu)^3 + 2(1+\mu)^2(\xi+\eta+\zeta)}}.$$

Comme l'équation de continuité donne $\xi + \eta + \zeta = 0$, on peut écrire

$$P = 2\pi \int_0^\infty \left[\frac{1}{1+\mu} - \frac{2\xi}{(1+\mu)^2}\right] \frac{d\mu}{(1+\mu)^{\frac{3}{2}}} = 2\pi\left(\frac{2}{3} - \frac{4}{5}\xi\right).$$

On a de même Q et R, et les équations du mouvement, ordonnées par rapport à $\xi$, $\eta$, $\zeta$ et à leurs dérivées, deviennent

$$\xi'' + 4\left(\frac{k}{\rho r^2} - \frac{2}{5}\pi f \rho\right)\xi = \frac{2k}{\rho r^2} - \frac{4}{3}\pi f \rho$$

avec deux équations analogues. Les quantités $\xi$, $\eta$, $\zeta$ étant infiniment petites, le second membre est nul; d'une autre manière, on voit que le second membre est nul en ajoutant les trois équations et tenant compte de l'équation de continuité. On a donc

$$\frac{k}{\rho r^2} = \frac{2}{3}\pi f \rho, \qquad \xi'' + \frac{16}{15}\pi f \rho \xi = 0, \qquad \ldots,$$

d'où, en faisant $\nu^2 = \frac{16}{15}\pi f \rho$,

$$\xi = \xi_0 \cos \nu t + \frac{\xi'_0}{\nu} \sin \nu t, \qquad \ldots$$

avec

$$\xi_0 + \eta_0 + \zeta_0 = \xi'_0 + \eta'_0 + \zeta'_0 = 0.$$

On a ainsi un mouvement oscillatoire simple de période

$$T = \frac{2\pi}{\nu} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{15\pi}{f\rho}}.$$

Si l'on appelle $g$ la pesanteur à la surface de la sphère immobile

$$g = \frac{4}{3}\pi f \rho r,$$

on a pour la période

$$T = \pi \sqrt{\frac{5r}{g}}.$$

III. *Indications sommaires sur le cas d'un ellipsoïde de Mac Laurin ou de Jacobi.* — Pour traiter ce cas, on pourra suivre la méthode de Brioschi, de Greenhill et de Basset (*loc. cit.*). On obtiendra notamment, comme il suit, un cas donnant un mouvement oscillatoire élémentaire.

Soient $Oxyz$ les axes qui tournent avec une vitesse angulaire constante $\omega$ autour de $Oz$ et qui sont les axes $a_0$, $b_0$, $c_0$ d'un ellipsoïde d'équilibre de Jacobi. Soient, dans le plan $xOy$, deux autres axes $x_1Oy_1$ tels que $Ox_1$ fasse avec $Ox$ un angle $\theta$, fonction de $t$, nul avec $t$; ces axes seront avec $Oz$ les axes de symétrie de l'ellipsoïde liquide oscillant. Les longueurs $a$, $b$, $c$ de ces axes seront des fonctions de $t$. A l'instant initial $t = 0$,

$$a = a_0, \qquad b = b_0, \qquad c = c_0,$$

et comme le volume reste constant,

$$abc = a_0 b_0 c_0. \tag{5}$$

Appelons $x_0$, $y_0$, $z_0$ les coordonnées initiales d'une molécule par rapport aux axes $Ox_1y_1z$, qui se confondent d'ailleurs, à l'instant $t = 0$, avec $Oxyz$; $x_1$, $y_1$, $z$ ses coordonnées à l'instant $t$. On prendra un mouvement dans lequel

$$\left\{\begin{aligned} \frac{x_1}{a} &= \frac{x_0}{a_0}\cos\varphi - \frac{y_0}{b_0}\sin\varphi, \\ \frac{y_1}{b} &= \frac{x_0}{a_0}\sin\varphi + \frac{y_0}{b_0}\cos\varphi, \\ \frac{z}{c} &= \frac{z_0}{c_0}, \end{aligned}\right. \tag{6}$$

où $\varphi$ est un angle, fonction de $t$, s'annulant avec $t$. De cette manière,

$$\frac{x_1^2}{a^2} + \frac{y_1^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = \frac{x_0^2}{a_0^2} + \frac{y_0^2}{b_0^2} + \frac{z_0^2}{c_0^2}.$$

On étudiera ensuite le mouvement relatif de la masse liquide, par rapport aux axes $Ox_1y_1z$ qui tournent autour de l'axe fixe $Oz$, avec la vitesse angulaire $\omega + \theta'$. Nous pourrons regarder ces axes comme fixes, à condition d'ajouter les forces fictives $\Phi$, $\Psi$ données par la théorie élémentaire du mouvement relatif. En prenant

$$p = k\left(1 - \frac{x_1^2}{a^2} - \frac{y_1^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2}\right) + p_e,$$

on écrira les équations du mouvement

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_1} = -f\rho \mathrm{P} x_1 - x_1'' + \Phi_{x_1} + \Psi_{x_1}, \ \ldots.$$

En dérivant les équations (6), on a les projections de la vitesse et de l'accélération d'une particule sur les axes $Ox_1y_1z$

$$u_1 = x_1' = \frac{a'}{a}x_1 - \frac{a}{b}\varphi' y_1, \ \ldots, \qquad w = z' = \frac{c'}{c}z,$$

$$\mathrm{J}_{x_1} = x_1'' = \left(\frac{a''}{a} - \varphi'^2\right)x_1 - \left(\frac{2a'}{b}\varphi' + \frac{a}{b}\varphi''\right)y_1, \ \ldots,$$

$$\mathrm{J}_z = z'' = \frac{c''}{c}z.$$

En substituant dans les équations du mouvement, on a des équations linéaires en $x_1, y_1, z$ qui doivent avoir lieu *dans toute la masse*, c'est-à-dire quels que soient $x_1, y_1, z$. On a alors, en égalant à zéro les coefficients de $x_1, y_1, z$ et écrivant $abc = a_0 b_0 c_0$, six équations définissant $a$, $b$, $c$, $\theta$, $\varphi$ et $k$ en fonction de $t$. On prendra ensuite les oscillations infiniment petites, en supposant $\theta$ et $\varphi$ infiniment petits et posant

$$a = a_0(1+\xi), \qquad b = b_0(1+\eta), \qquad c = c_0(1+\zeta),$$

$\xi$, $\eta$, $\zeta$ étant des infiniment petits tels que $\xi + \eta + \zeta = 0$.

GÉOLOGIE. — *Sur la signification tectonique des lambeaux de micaschistes, de roches cristallines diverses et de roches vertes, qui affleurent çà et là, près de Briançon, au sein ou à la surface des terrains à faciès briançonnais.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Wilfrid Kilian.**

La constatation, par l'un de nous (¹), du fait que les *brèches à débris cristallins* de la *quatrième écaille*, et celles du vallon de l'Alpet près de Mont-Genèvre, sont des *mylonites* et non pas des *brèches sédimentaires* ou des *conglomérats*, nous a déterminés à reprendre en commun, au cours du dernier été, l'exploration des îlots de roches cristallines et de roches vertes épars dans la région briançonnaise. La *quatrième écaille* est l'un de ces îlots, fragmenté par l'érosion, le plus occidental de tous et d'une douzaine de kilomètres en avant du groupe formé par les autres; ceux-ci se disposent

(¹) Pierre Termier, *Les mylonites de la quatrième écaille briançonnaise* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 653-657).

en un archipel allongé, allant du vallon des Acles, au Nord, aux environs de Villargaudin, au Sud, à peu près parallèlement au bord du *pays des Schistes Lustrés* (¹) et sur une longueur totale d'environ $30^{km}$; le plus gros des îlots de l'archipel est le massif de roches vertes du Chenaillet, souvent appelé *massif du Mont-Genèvre*, bien qu'il soit tout entier au sud du col de ce nom; le nombre des îlots connus, qui n'était guère que de 12 lorsque nous avons publié, en 1900, la feuille *Briançon* de la Carte géologique, est maintenant d'environ 25; la plupart des lambeaux récemment découverts l'ont été par M. le Commandant Pussenot.

Les roches qui constituent les îlots dont nous parlons sont diverses : ici, micaschistes seuls; là, micaschistes, gneiss et amphibolites; ailleurs, micaschistes, cornéennes et roches vertes laminées; ailleurs encore, roches vertes seules, les unes massives, les autres éruptives ou même volcaniques. Pourtant, malgré cette diversité, si l'on dessine tous les lambeaux sur une même carte et si l'on y trace la limite occidentale du pays des Schistes Lustrés, on est induit, presque irrésistiblement, à penser que tous les lambeaux sont apparentés entre eux, et aussi qu'ils sont, de quelque manière, liés au pays des Schistes Lustrés. En quoi consistent ces relations? Telle est la question qui se pose. Elle a été autrefois, en 1913 et 1914, l'objet, entre nous, d'une discussion ardente, à laquelle prenaient part Jean Boussac et M. Pussenot (²); discussion qui, sans la guerre, se serait vite terminée par une excursion commune où nous aurions fait, six ans plus tôt, les observations que nous allons résumer.

Les îlots ou lambeaux en question, que l'un de nous (W. K.) avait jusqu'ici considérés comme *en place*, se partagent en deux catégories : ceux qui sont situés *dans* le pays des Schistes Lustrés et en sont inséparables; et ceux qui, situés sur le bord occidental des Schistes Lustrés ou plus à l'Ouest,

---

(¹) La définition du *pays des Schistes Lustrés* et celle du *pays briançonnais* sont, *dans la région de Briançon*, tout à fait précises et sans aucune ambiguïté. Dans le pays des Schistes Lustrés, *toutes* les roches d'allure stratiforme sont profondément métamorphiques et constituent une série cristallophyllienne; dans le pays briançonnais, *rien* de ce qui affleure n'est véritablement et complètement métamorphique, en dehors des îlots ou lambeaux qui font l'objet de cette Note. C'est seulement en Maurienne, au nord de Modane, dans la Vanoise, que le métamorphisme, réel et profond, gagne peu à peu les divers terrains qui prolongent le pays briançonnais, jusqu'à rendre cristallophylliens certains d'entre eux.

(²) Voir *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, années 1913 et 1914, *passim*. — Voir aussi PUSSENOT, *Bulletin des Services de la Carte géologique de la France*, t. 21, 1910-1911, p. 555-561 et pl. I.

sont superposés au pays briançonnais ou paraissent compris dans son sein. Il est clair que les lambeaux de la première catégorie ne peuvent rien nous apprendre : car on sait depuis longtemps qu'il y a, dans les Schistes Lustrés, des roches vertes (*pietre verdi*), des micaschistes et des chloritoschistes. A cette première catégorie appartiennent les îlots signalés par M. Pussenot dans la haute vallée de la Cerveyrette (la Gavéo, lac de Cordes, bord des Schistes Lustrés sous la Charvie et la Suffie), et ceux, que nous avons autrefois décrits, du col Tronchet et de Villargaudin. Nous n'en parlerons pas davantage : ils contribuent à poser la question; ils n'apportent aucune lumière pour la résoudre. Nous rattachons, par contre, à la deuxième catégorie, le massif du Chenaillet, parce qu'il est, pour ainsi dire, à cheval sur la limite des deux pays et que, dans toute sa moitié occidentale, il est posé sur le pays briançonnais. C'est par lui que nous commencerons notre rapide exposé.

*Massif du Chenaillet.* — Ce massif est beaucoup plus grand que ne l'indiquent les cartes géologiques. De forme ovale, il mesure $6^{km},5$ suivant la direction NNE et $5^{km}$ dans la direction perpendiculaire. Il est fait de roches vertes, souvent très altérées, les unes d'allure massive (gabbros et serpentines), les autres éruptives (diabases) et associées à des brèches volcaniques à variolite : tout cela bien décrit, en 1890, par MM. Cole et Gregory. A l'Est, il repose sur les Schistes Lustrés, horizontaux dans l'ensemble; au Nord, il se relie visiblement à une vaste lentille de serpentine, tranchée par le vallon de Clavières et *comprise dans* des Schistes Lustrés graduellement redressés, puis renversés sous les calcaires du Chaberton; en son centre, il est crevé d'une *fenêtre*, longue de $500^m$, large de $300^m$, ouverte tout au fond du vallon de Gimont, à l'est de la Collette Verte, et *montrant un substratum, gonflé en coupole, de calcaires triasiques;* au Sud-Sud-Est, *il repose sur une zone de mélange mylonitique* où voisinent, pêle-mêle, blocs de roches vertes diverses (parmi lesquelles des brèches volcaniques), blocs de calcaires triasiques, blocs de marbre rose probablement jurassique, blocs enfin de Schistes Lustrés; à l'Ouest, dans les prairies du Gondran, on le voit *reposer sur* les schistes et grès du Nummulitique briançonnais (Flysch), avec une allure d'ensemble quasi horizontale et avec intercalation d'une *écaille de terrains singuliers*. Ces *terrains singuliers* [1], qui ne sont pas des Schistes Lustrés et qui ne sont pas non plus

[1] Décrits déjà par l'un de nous en 1897 (*Comptes rendus*) comme *calcaires phylliteux*, et figurés sous un symbole spécial (T) sur la feuille *Briançon* de la Carte géologique.

des terrains à faciès briançonnais, montrent des marbres phylliteux de haute cristallinité, des marbres roses ou verts, des jaspes rouges riches en organismes : le tout très laminé, et mécaniquement injecté par les produits de l'écrasement des roches vertes du massif. Nul doute, d'après cette description, que le massif du Chenaillet n'appartienne au pays des Schistes Lustrés; nul doute, non plus, qu'il ne représente une avancée, *par charriage*, de ce pays des Schistes Lustrés sur le pays briançonnais, avec contact anormal et, dans ce contact, apparition de mylonites et de *lambeaux de poussée*.

*Ilots de Cervières*. — M. Pussenot nous a signalé, sur les pentes qui dominent au Nord le village de Cervières, plusieurs îlots de *roches vertes*. Il y a là, en effet, des roches vertes, qui sont surtout de la serpentine laminée; mais il y a aussi des micaschistes, des chloritoschistes et, embrassant les unes et les autres, des Schistes Lustrés, avec prédominance de marbres phylliteux très cristallins. L'ensemble est un grand lambeau de Schistes Lustrés, long de 1000$^{m}$, large de 800$^{m}$, accroché aux flancs de la montagne et descendant jusqu'à la rivière : il s'appuie sur les terrains briançonnais, ici sur le Trias, là sur le Malm, ce qui conduit à croire que son contact avec le pays briançonnais est un contact anormal. Tout se passe comme s'il s'agissait d'un fragment, isolé par l'érosion, de la nappe de Schistes Lustrés, avec roches vertes et roches cristallines diverses, à laquelle appartient le massif du Chenaillet, nappe affectée de plis secondaires de grande amplitude. Un autre fragment de la même nappe est l'îlot de serpentine, *enfoui dans le Flysch briançonnais*, que l'on rencontre dans les prairies entre l'Alp-d'en-Haut et le Gondran et qui est marqué sur la feuille *Briançon;* à la même nappe encore pourraient se rattacher les témoins de serpentine, accompagnés de Schistes Lustrés, que l'on trouve tout au sommet de la montagne de Lasseron.

*L'Alpet*. — Le lambeau de l'Alpet, au nord de Mont-Genèvre, est fait de micaschistes, d'amphibolites, de cornéennes, enfin de chloritoschistes qui sont peut-être, *pro parte*, des roches vertes laminées. *C'est une mince écaille qui repose sur les calcaires triasiques avec interposition de mylonites diverses,* calcaires écrasés, cargneules à débris cristallins, brèches mixtes, brèches enfin où il n'y a plus que des débris cristallins. Au sommet du vallon, un peu à l'est du col de l'Alpet, on voit l'écaille recouvrir un instant la crête de Serre-Thibaud, qui est un anticlinal de calcaires triasiques, et esquisser, sur le versant Est, un mouvement de descente vers les lambeaux analogues du Rio Secco, lesquels sont tout près et, très probablement, ne sont que d'autres fragments de cette même écaille divisée par l'érosion.

*Rio Secco.* — Dans le large et long vallon du Rio Secco, à l'ouest du Chaberton, on observe plusieurs lambeaux cristallins, posés sur le Trias briançonnais ou s'enfonçant dans ce Trias. Nous n'y avons pas trouvé de mylonites. Tout au fond du vallon, près du thalweg ou dans le thalweg même, affleurent, sur une longueur totale de $3^{km}$, des chloritoschistes d'un vert sombre, appuyés, à l'Est, aux calcaires triasiques du Chaberton et, comme eux, très inclinés ou presque verticaux. Ces chloritoschistes rappellent le Permien de la Vanoise : ils sont d'un faciès totalement inconnu dans le Permien de la région de Briançon. Ils contiennent, *au milieu d'eux*, une grosse lentille de quartzites triasiques très laminés ; on y voit quelques intercalations de marbre; au Nord, tout cela se coince dans les calcaires triasiques verticaux. N'était le fait que les quartzites sont dans l'intérieur de ce Permien, on pourrait croire à un anticlinal. Mais un autre très grand lambeau, long d'environ $2^{km}$, court, à mi-hauteur, sur le versant Est de Serre Thibaud; comme accroché à la pente, il établit la liaison entre l'Alpet et les chloritoschistes du thalweg; ses roches sont celles de l'Alpet, avec quelques gabbros métasomatosés et laminés (prasinites à glaucophane), et aussi les mêmes chloritoschistes qu'au thalweg, d'aspect *Permien de la Vanoise* et associés aux mêmes quartzites triasiques. Enfin, plus au Nord, dans les pâturages, à l'Est-Sud-Est du col de la Lauze, un dernier lambeau, très différent, montre des micaschistes verts, accompagnés de jaspes rouge brun et de calcaires jaunes à plaquettes de schistes noirs : le tout semble posé sur le Trias et paraît être un témoin isolé de l'écaille du col de Laupon.

*Laupon* (1). — Le large col par où l'on passe, du vallon de Dormillouze, dans le vallon de Blétonnet qui descend vers les Acles, montre *un vaste lambeau de Schistes Lustrés posé sur les gypses du Trias*. Ce lambeau est ployé en un synclinal, qui se dirige du Sud au Nord comme les deux vallons; sa superposition aux gypses est visible dans une série d'entonnoirs de dissolution, de part et d'autre du col; mais il déborde les gypses à l'Est et à l'Ouest et s'appuie, à l'Ouest à des calcaires jaunes qui peuvent être du Lias, à l'Est à des marbres blancs qui semblent être du Malm. Les Schistes Lustrés contiennent des intercalations de micaschistes quartzeux verts, associés à des jaspes schisteux rouges ou lie-de-vin : tout cela s'avance au Sud jusque très près du col de la Lauze. L'arête du col de la Lauze correspond à un anticlinal des calcaires, à l'est duquel, dans le vallon de prairies

---

(1) Col de Laupon, de la carte topographique sarde à l'échelle de $\frac{1}{50000}$, feuille *Cesana;* ce col semble être celui que la carte française désigne sous le nom de *col de Dormillouze*.

qui remonte vers le col des Trois-Frères-Mineurs, reparaissent les gypses, marquant un nouveau synclinal. Un peu plus loin se trouve le lambeau de micaschistes et de jaspes rouges cité à l'alinéa précédent. Au nord du col de Laupon, vers Blétonnet, un lambeau cristallin, signalé par M. Pussenot, est un témoin évident de la même écaille de Schistes Lustrés, qui a recouvert autrefois, de ses ondulations, toute cette contrée et qui, sans aucun doute, se soudait, au Nord, aux Schistes Lustrés du col de la Chaux-d'Acles.

*Montagne entre Mont-Genèvre et le Rosier, près du point* 2413 *de la carte française* (¹). — M. Pussenot nous a signalé, dans un replat de pâturages que domine au Nord et à l'Est le piton 2413, deux îlots très intéressants. Ils sont posés, horizontalement ou à peu près, sur des cargneules et des gypses du Trias et l'on y observe la réunion de divers types cristallins : chloritoschistes du type Vanoise, micaschistes plus rares, roches vertes laminées du type Alpet ou Rio Secco, marbres phylliteux du type *terrains singuliers* du Gondran, et même Schistes Lustrés incontestables. A cela s'associe, comme au Rio Secco, une lame de quartzites triasiques qui, dans l'îlot Sud, paraît *surmonter* la série cristalline.

*Val-des-Prés et Le Rosier.* — Enfin, dans la vallée et sur la rive gauche de la Clarée, deux derniers lambeaux affleurent, découverts aussi par M. Pussenot : l'un en face de Val-des-Prés, dans la forêt qui domine le cône de déjection ; l'autre, en face du Rosier, très petit et visible de loin à sa couleur sombre. Tous deux, dans notre manière actuelle de voir, seraient des fragments de l'écaille complexe que nous venons de décrire : le premier est formé de Schistes Lustrés, de marbres phylliteux et de micaschistes, plongeant comme la pente de la montagne ; le second, de roches vertes laminées, du type Alpet, appuyées à du Malm quasivertical ; la vallée de la Clarée correspondrait à un synclinal, postérieur à la formation de l'écaille, qui aurait dénivelé celle-ci d'un millier de mètres.

Tels sont les faits, constatés en commun, et sur lesquels nous sommes entièrement d'accord. En présence de ces faits, il semble difficile d'échapper à la conclusion suivante, que nous énoncerons néanmoins sous une forme dubitative en attendant de nouvelles preuves et une plus complète certitude. Les îlots en question (²) seraient les débris, épars sur le pays brian-

---

(¹) Carte à l'échelle de $\frac{1}{80000}$. Le piton 2413 est au nord-ouest de Mont-Genèvre.

(²) La brèche à débris de granite, de micaschistes et de calcaires que nous avons signalée jadis sur la route d'Eygliers à Gros, non loin de Guillestre, dans les schistes

çonnais, d'un système de nappes ou d'écailles, affecté de larges ondulations et de plis brusques. Il y aurait d'abord une nappe de Schistes Lustrés, traînant sous elle des *lambeaux de poussée* (*terrains singuliers* du Gondran, chloritoschistes du type Vanoise, quartzites triasiques); il y aurait aussi une nappe plus haute, d'origine plus orientale, à laquelle appartiendrait la *quatrième écaille*. Tous les îlots se partageraient entre ces deux nappes ou seraient des lambeaux de poussée; aucun ne serait réellement incorporé au *pays briançonnais* comme le croyait l'un de nous (W. K.). Ce *pays briançonnais* formerait d'ailleurs une nappe plus profonde, sur laquelle auraient cheminé les nappes à terrains cristallins, et qui serait la *nappe du Grand-Saint-Bernard* d'Émile Argand.

En présentant à l'Académie la troisième édition du Tome III et la première édition du Tome IV de son *Traité de Mécanique rationnelle*, M. **P. Appell** s'exprime comme il suit :

I. La troisième édition du Tome III renferme d'importants changements. Sans m'arrêter aux perfectionnements de détail, je dois signaler une démonstration de la formule d'Ampère et de Stokes différente de celle que donnait l'édition précédente; cette nouvelle démonstration repose sur la formule d'Ampère et de Stokes pour une aire plane, formule qui peut être établie directement ou rattachée à la formule de Green.

Mais les deux changements les plus importants sont deux additions.

Tout d'abord, dans la partie du Volume consacrée aux mouvements d'un fluide parallèles à un plan fixe, nous avons exposé les beaux travaux de M. Villat, professeur à l'Université de Strasbourg, sur le mouvement d'un liquide en présence d'un obstacle fixe. Comme on le sait, la solution de ce problème se rattache étroitement à la théorie des fonctions d'une variable complexe et à l'emploi de la représentation conforme. Une des difficultés, que M. Villat a heureusement résolue dans un grand nombre de cas, est de déterminer les lignes de discontinuité partant de l'obstacle solide et délimitant à l'arrière de celui-ci une sorte de région de fluide mort. M. Villat a bien voulu rédiger lui-même la fin du Chapitre XXXVI qui donne l'essentiel de sa méthode et de ses résultats.

---

nummulitiques briançonnais, et que nous avons revue récemment, est, en réalité, très différente des îlots en question. Elle forme, dans le Flysch, quelques *blocs exotiques*, analogues à ceux du Flysch suisse : c'est un tout autre problème.

Le Chapitre XXXVII est consacré aux fluides *baroclines*. On doit à M. Bjerknes des résultats très importants, au point de vue mathématique, comme au point de vue physique et météorologique. L'exposé de ces résultats, que le savant géomètre de Bergen a bien voulu rédiger pour le Traité, fait l'objet fondamental de ce Chapitre. Tout le paragraphe I constitue la rédaction de M. Bjerknes. Dans le paragraphe II, nous avons rappelé des généralisations diverses de la Théorie des tourbillons, dont la plupart, sous une autre forme, rentrent dans les travaux de M. Bjerknes.

On peut appeler *barotropes* les fluides où la densité est déterminée uniquement par la pression, en vertu d'une équation caractéristique $f(\rho, p) = 0$, dans laquelle entrent exclusivement les variables $\rho$ et $p$. Dans ces fluides, il y a toujours coïncidence entre les surfaces d'égale pression et celles d'égale densité. Mais, dès que d'autres variables indépendantes entrent dans cette relation, les surfaces des deux systèmes sont inclinées les unes sur les autres. Le fluide devient ce que M. Bjerknes appelle *barocline*.

En dehors du cas où l'équation caractéristique n'est pas intervenue dans nos déductions, nous nous sommes exclusivement occupés, dans les Chapitres précédents, de la théorie des fluides barotropes. Mais dans l'équation caractéristique de tout fluide naturel, il entre, outre les deux variables $p$ et $\rho$, au moins une troisième, la température. D'autres encore peuvent intervenir, par exemple la concentration saline des eaux de l'Océan ou l'humidité de l'air atmosphérique, qui varient en général d'un point à l'autre. Comme les grands mouvements atmosphériques et océaniques ont leur origine exclusive dans les différences de densité dues aux variables, température, humidité ou concentration saline, on voit qu'il est impossible d'étudier complètement ces mouvements sans aborder la théorie des fluides baroclines. Cette généralisation est donc d'une importance capitale pour les applications pratiques de l'Hydrodynamique, notamment pour la météorologie. Mais son intérêt théorique n'est pas moindre, car elle permet de discuter au fond les analogies remarquables qui existent entre le champ de mouvement hydrodynamique et le champ de forces électriques ou magnétiques.

II. Voici maintenant l'objet principal du Tome IV.

Dès la découverte de l'attraction universelle, une question s'imposa aux mathématiciens comme aux astronomes : trouver les figures d'équilibre d'une masse liquide homogène, qui tourne uniformément autour d'un axe fixe et dont les particules s'attirent d'après la loi de Newton. Ce problème,

qui présente un rapport lointain avec la recherche des figures des planètes, a occupé les plus grands géomètres, notamment Mac Laurin et Jacobi; il est loin d'être résolu. On a trouvé des figures d'équilibre possibles, mais non toutes les figures d'équilibre : on ne sait même pas s'il existe un nombre fini ou infini de solutions. Ce qu'on a pu faire de plus général a été de donner des équations fonctionnelles, intégro-différentielles, fournissant toutes les figures possibles, à condition qu'on sache les résoudre. Après Mac Laurin et Jacobi, les plus belles découvertes sur la question ont été faites par Poincaré et par Liapounoff, qui ont su, par l'emploi des fonctions de Lamé et de leurs dégénérescences, trouver les figures d'équilibre infiniment voisines des ellipsoïdes de Mac Laurin ou de Jacobi.

Une autre question, peut-être plus difficile encore, est de reconnaître si les figures obtenues sont stables ou instables. Il est évident que, sous le point de vue physique, les seules figures acceptables sont les figures stables : d'où la nécessité urgente de reconnaître la stabilité. Mais, dans ces questions délicates, le mot *stabilité* même doit être défini d'une façon précise, comme l'ont montré les divers auteurs qui se sont occupés du problème. D'après les beaux travaux de Tait et Thomson, que nous avons résumés, il faut, comme le fait Poincaré, distinguer entre la stabilité séculaire et la stabilité temporaire. Une méthode féconde, qui appartient en propre à Poincaré, consiste dans l'étude des séries linéaires de figures d'équilibre d'un système, des figures limites, des figures de bifurcation, et enfin de l'échange des stabilités. Nous avons repris ces diverses questions, avec les recherches auxquelles elles ont donné lieu, notamment pour la figure dite *piriforme*.

J'avais pris ces divers problèmes comme programme de mon cours de *Mécanique céleste* dans le second semestre de 1914 : les leçons terminées en juin 1914 devaient être imprimées. La publication en a été retardée par la guerre. Ce retard a permis d'ajouter des perfectionnements dus aux travaux récents de plusieurs jeunes mathématiciens, MM. Globa-Mikhaïlenko, Pierre Humbert, Alexandre Véronnet. A la fin de l'Ouvrage se trouve une liste, aussi complète que possible, des travaux publiés sur le sujet.

M. **Ch. Moureu** s'exprimeen ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un Mémoire de notre regretté confrère **Jungfleisch** et de son collaborateur, M. **E. Léger**, qui vient de

paraître dans les *Annales de Chimie* sous le titre : *Les transformations de la cinchonine*.

La première publication de Jungfleisch et Léger sur cette question remonte à 1887. Elle avait pour titre : *Sur les isoméries optiques de la cinchonine* (*C. R.* t. 115, p. 1255). La suite forme la matière de quinze autres Notes, la dernière étant intitulée : *Sur l'hydrocinchonine* (*C. R.*, t. 132, p. 410).

Depuis cette époque lointaine, Jungfleisch et Léger s'étaient proposé de réunir en un Mémoire les résultats de ces longues recherches; mais la mise à exécution de ce projet ayant été différée d'année en année, la mort de Jungfleisch survint avant sa réalisation.

Mis en possession, par M^me^ Jungfleisch, des nombreux documents relatifs à ce travail, M. Léger pensa qu'il y avait encore intérêt à rassembler tous ces résultats épars, à corriger certaines erreurs et à coordonner les diverses parties de cette étude compliquée. Cependant, au moment de commencer la rédaction, en 1917, il constata un certain nombre de lacunes, et il fut alors conduit à donner à ces recherches une suite importante.

Le retard subi par le Mémoire dans sa publication n'aura pas eu que des inconvénients. En effet, au cours de ces vingt dernières années, les études sur la cinchonine ont été poursuivies activement par différents auteurs, si bien qu'aujourd'hui la constitution de cet alcaloïde semble établie avec certitude. Ceci a permis à M. Léger d'expliquer le mode de formation des bases dérivées de la cinchonine dont il est question dans le présent Mémoire, chose qui n'eût pas été possible à l'époque de sa collaboration avec Jungfleisch.

Nous devons savoir gré à M. Léger de la pieuse pensée à laquelle il a obéi en s'imposant la tâche de compléter seul l'œuvre de longue haleine entreprise avec son maître. Cette œuvre, dont l'exécution aura duré plus de trente années, apparaît ainsi avec toute son ampleur.

MÉDECINE. — *Vaccination préventive de l'homme contre la fièvre méditerranéenne.* Note [1] de MM. **Charles Nicolle** et **E. Conseil.**

La fréquence de la fièvre méditerranéenne dans certaines régions, et le nombre inquiétant des membres du personnel des laboratoires contaminés en manipulant les cultures du *Micrococcus melitensis* (six cas à l'Institut Pas-

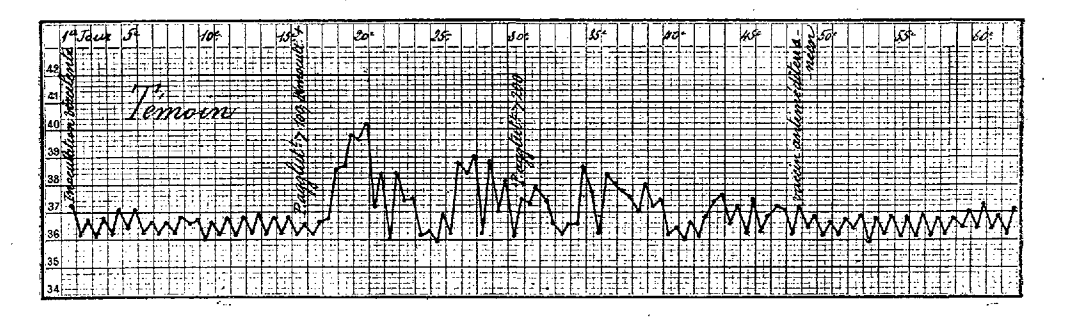
(1) Séance du 18 octobre 1920.

teur de Tunis en 18 ans) suffiraient à démontrer l'utilité des vaccinations préventives.

Celles-ci sont aisées à pratiquer et efficaces, ainsi que le prouvent les expériences qui suivent :

Trois personnes 1, 2, 3, appartenant à la race indigène de Tunisie, qui ne consomme pas de lait de chèvres et chez qui la fièvre méditerranéenne est exceptionnelle, sont examinées le 2 juin 1920 au point de vue des propriétés agglutinantes de leur sang vis-à-vis du *M. melitensis*. Ce pouvoir se montre nul chez 1 et 2, positif à 10 seulement (sans valeur) chez 3, qui sera le témoin.

Le même jour, 1 et 2 reçoivent sous la peau $1^{cm^3}$ d'un vaccin constitué




par le mélange, en proportions sensiblement égales, d'émulsions de cultures de *M. melitensis* appartenant à cinq souches, deux d'origine caprine, trois d'origine humaine. Ce vaccin est titré à 900 millions de germes par centimètre cube. Il a été préparé avec des cultures de 24 heures lavées, puis émulsionnées dans la solution physiologique de fluorure de sodium à 7 pour 1000, exposées 4 jours à 37°, puis 2 à 50°. Leur stérilité a été vérifiée ensuite.

Le 9 juin, soit 7 jours plus tard, deuxième inoculation de même dose du même produit aux mêmes personnes.

Le 23 juin, 14e jour, le pouvoir agglutinant du sang du 1 est de 10, celui du 2 est nul. Le même jour, on inocule sous la peau des deux vaccinés et du témoin 3, $0^{cm^3},5$ d'émulsion vivante de *M. melitensis*, titrée à 900 millions de germes par centimètre cube et constituée par quatre souches (deux caprines, deux humaines), déjà utilisées pour la préparation du vaccin et une d'origine humaine, isolée par hémoculture d'un cas tout récent.

Les vaccinés 1 et 2 n'ont pas contracté la fièvre méditerranéenne ; le 1 n'a réagi ni aux inoculations de vaccin, ni à celle d'épreuve ; le 2 a présenté

une légère tuméfaction locale et quelques dixièmes de degré d'élévation thermique à la suite des inoculations du vaccin. Leur sang, examiné 20 et 32 jours après l'épreuve virulente, n'a montré aucun pouvoir agglutinant; les mêmes jours, les hémocultures ont été négatives.

Le témoin 3 n'a pas réagi à l'inoculation d'épreuve; il est demeuré 17 jours indemne. Le dix-huitième, a débuté une fièvre méditerranéenne typique, caractérisée par trois ondes fébriles assez courtes. Traité par la vaccinothérapie spécifique, qui donne parfois des résultats d'une rapidité surprenante, le malade est demeuré une douzaine de jours sans fièvre; nous l'avons ensuite perdu de vue.

Fait intéressant, chez lui, le développement du pouvoir agglutinant et la présence dans son sang du *M. melitensis* (décelée par l'hémoculture) ont précédé de deux jours le début de l'élévation thermique. Le pouvoir agglutinant était alors supérieur à 100; il dépassait 200 au troisième jour de la maladie clinique.

Conclusions. — Ces expériences prouvent qu'il est aisé de vacciner préventivement l'homme par l'inoculation sous-cutanée de cultures mortes. D'où l'indication pratique d'employer désormais ce moyen si simple à la protection du personnel des laboratoires contre les contaminations.

L'absence de propriétés agglutinantes dans le sang des vaccinés après l'inoculation d'épreuve, alors que cette inoculation, virulente pour le témoin, détermine chez lui l'apparition d'un pouvoir agglutinant antérieur à l'éclosion de la maladie, prouve une fois de plus que la séroréaction agglutinante est un signe d'infection et non d'immunisation.

Il y aura lieu de rechercher quelle est la durée de l'immunité conférée par ces vaccinations préventives (1).

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la chaire d'*Organisation technique du travail humain*, nouvellement créée au Conservatoire des Arts et Métiers.

(Renvoi à une Commission composée des Sections de Mécanique et de Médecine et Chirurgie.)

(1) Nos expériences ont été suivies, en l'absence de l'un de nous, par M. Blaizot.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère des Colonies de Belgique : *Mission forestière et agricole* du comte Jacques de Briey *au Mayumbe* (Congo belge). *Documents mis en ordre et annotés*, par E. de Wildemann. (Présenté par M. H. Lecomte.)

2° *Principes usuels de nomographie avec application à divers problèmes concernant l'artillerie et l'aviation*, par M. d'Ocagne. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

3° *Planimetría de precisión ó Estudios topográphicos de análisis planimétrico* et *Levantamientos y reconocimientos topográficos*, por José de Elola. (Présenté par M. H. Deslandres.)

4° Absalon Larsen, *La découverte de l'électromagnétisme faite en* 1820 *par* J.-C. Œrsted.

5° Le premier fascicule de *Przeglad epidemjologiczny* (*Revue épidémiologique*), publiée par l'Institut central épidémiologique d'Etat de Varsovie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution de l'équation algébrique trinome par des fonctions hypergéométriques supérieures.* Note [1] de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. E. Goursat.

Considérons l'équation trinome de degré $n$, $z^n = gz + \beta$, où $g$ et $\beta$ sont les coefficients. Soit $\nu$ une racine primitive de $\nu^{n-1} = 1$ et posons

$$\zeta = (-1)^{n-1}\frac{n^n}{(n-1)^{n-1}}\frac{\beta^{n-1}}{g^n}, \quad \mu_0 = 1, \quad \mu_1 = \frac{1}{n-1}, \quad \mu_r = \frac{(-1)^{r-1}}{r(n-1)}\binom{\frac{n(r-1)}{n-1}}{r-1},$$

en appliquant dans $\mu_r$ le symbole habituel pour désigner le coefficient binome. Si $|\zeta| \leqq 1$, les racines $z_1, z_2, \ldots, z_n$ sont données par

$$(1)\quad z_n = -\frac{\beta}{g}F_1(\zeta), \qquad z_i = \sum_{r=0}^{n-2}\mu_r \nu^{i(n-r)} g^{\frac{1-rn}{n-1}}\beta^r F_r(\zeta) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$

---

[1] Séance du 18 octobre 1920.

où $F_0$, $F_1$, $F_2$, ... sont les fonctions hypergéométriques supérieures [1]

$$\mathrm{F}_r(\zeta)=\mathrm{F}\left(\begin{matrix}\frac{r-1}{n-1}+\frac{1}{n}, & \frac{r-1}{n-1}+\frac{2}{n}, & \ldots\ldots, & \frac{r-1}{n-1}+\frac{n-2}{n}, & \frac{r-1}{n-1}+\frac{n-1}{n} \\ \frac{r+1}{n-1}, & \frac{r+2}{n-1}, & \ldots, \frac{n-2}{n-1}, \frac{n}{n-1}, \frac{n+1}{n-1}, \ldots, & \frac{n-1+r}{n-1} & \zeta\end{matrix}\right)$$

$$(r=0, 1, 2, \ldots, n-2).$$

J'ai d'abord trouvé cette solution en démontrant que $z_1, z_2, \ldots, z_n$, considérées comme des fonctions de $\zeta$, sont des intégrales particulières d'une équation différentielle hypergéométrique [1] d'ordre $n-1$. Ici nous allons trouver ces racines plus directement. Posons $z=v g^{\frac{1}{n-1}}$, $\beta=l g^{\frac{n}{n-1}}$; l'équation trinome devient alors de la forme $v^n=v+l$. Pour $|l|$ suffisamment petit nous avons une racine donnée par

$$v=\mu_0+\mu_1 l+\mu_2 l^2+\mu_3 l^3+\ldots,$$

les $\mu$ étant des constantes. Nous pouvons aussi trouver cette racine à l'aide de la série de Lagrange

$$\mathrm{F}(\theta)=\mathrm{F}(y)+\frac{\alpha}{1}[f(y)\mathrm{F}'(y)]+\frac{\alpha^2}{1.2}\frac{d}{dy}[f(y)^2\mathrm{F}'(y)]+\ldots$$

qui donne l'expression $\mathrm{F}(\theta)$ d'une racine de l'équation $\theta=y+\alpha f(\theta)$.

Si nous posons $y=1$, $\alpha=-l$, $f(\theta)=\theta^{\frac{n}{n-1}}$, $\mathrm{F}(\theta)=\theta^{-\frac{1}{n-1}}=v$, nous obtenons l'équation trinome $v^n=v+l$. D'autre part,

$$\frac{\alpha^r}{r!}\frac{d^{r-1}}{dy^{r-1}}[f(y)^r\mathrm{F}'(y)]=\frac{(-1)^r}{r(n-1)}\binom{\frac{n(r-1)}{n-1}}{r-1}l^r.$$

En comparant avec le coefficient de $l^r$ dans l'expression plus haute de $v$, nous obtenons $\mu_r$. D'autre part, l'équation $v^n=v+l$ reste invariante quand on remplace $l$ par $\frac{l}{\nu^i}$ et $v$ par $\frac{v}{\nu^i}=\frac{v}{\nu^{ni}}$. Les $n-1$ développements

$$v_i=\nu^{in}\mu_0+\nu^{i(n-1)}\mu_1 l+\nu^{i(n-2)}\mu_2 l^2+\ldots \qquad (i=1, 2, \ldots, n-1)$$

sont donc aussi des racines de $v^n=v+l$. Les expressions

$$(2) \qquad z_i=\nu^{in}\alpha_0+\nu^{i(n-1)}\alpha_1\beta+\nu^{i(n-2)}\alpha_2\beta^2+\ldots \qquad (i=1, 2, \ldots, n-1),$$

---

[1] Pour la théorie des fonctions hypergéométriques supérieures, voir le Mémoire de M. Goursat dans les *Annales de l'École Normale supérieure*, t. 12, 2e série, 1883, p. 272.

où $\alpha_r = \mu_r g^{\frac{1-rn}{n-1}}$ sont donc $n - 1$ racines de l'équation trinome considérée.

Dans le développement de $z_i$, nous considérons la partie

$$\psi_r(\beta) = \nu^{i(n-r)}[\alpha_r \beta^r + \alpha_{r+n-1}\beta^{r+n-1} + \alpha_{r+2(n-2)}\beta^{r+2(n-1)} + \ldots],$$

$$\psi_r(\beta) = \nu^{i(n-r)}\beta^r \sum_{s=0}^{\infty} \gamma_s(\beta^{n-1})^s; \qquad \gamma_s = \alpha_{r+s(n-1)}.$$

D'après un calcul facile, nous trouverons

$$\frac{\gamma_{s+1}}{\gamma_s} = \frac{\left(s+\frac{r-1}{n-1}+\frac{1}{n}\right)\left(s+\frac{r-1}{n-1}+\frac{2}{n}\right)\cdots\left(s+\frac{r-1}{n-1}+\frac{n-1}{n}\right)}{(s+1)\left(s+\frac{r+1}{n-1}\right)\left(s+\frac{r+2}{n-1}\right)\cdots\left(s+\frac{n-1+r}{n-1}\right)}(-1)^{n-1}\frac{n^n}{(n-1)^{n-1}}\frac{1}{g^n}.$$

En comparant avec le rapport entre deux coefficients de la fonction $F_r(\zeta)$, nous obtenons

$$\psi_r(\beta) = \mu_r \nu^{i(n-r)} g^{\frac{1-rn}{n-1}} \beta^r F_r(\zeta).$$

En donnant à $r$ les valeurs $0, 1, 2, \ldots, n-2$ et en faisant la somme, nous obtenons les développements (2) et (1). Nous déduisons la racine $z_n$ de la formule $z_1 + z_2 + \ldots + z_n = 0$.

Si $|\zeta| > 1$, nous désignons les racines par $y_1, y_2, \ldots, y_n$. D'une manière analogue et en appliquant la théorie des fonctions hypergéométriques supérieures (¹) nous obtenons

$$y_i = \sum_{r=0}^{n-2} \gamma_r \varepsilon^{i(r+1)} g^r \beta^{\frac{1-r(n-1)}{n}} \theta_r\left(\frac{1}{\zeta}\right),$$

où $\varepsilon$ est racine primitive de $\varepsilon^n = 1$ et

$$\gamma_0 = 1, \qquad \gamma_1 = \frac{1}{n}, \qquad \gamma_r = \frac{(-1)^{r+1}}{rn}\binom{\frac{n-1}{n}(r-1)-\frac{2}{n}}{r-1}$$

$$(r = 0, 1, 2, \ldots, n-2),$$

$$\theta_r\left(\frac{1}{\zeta}\right) = F\left(\begin{array}{l} \frac{r+1}{n}-\frac{1}{n-1},\ \frac{r+1}{n}-\frac{2}{n-1}+1,\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \frac{r}{n}+1,\ \frac{r-1}{n}+1,\ \ldots,\ \frac{1}{n}+1,\ -\frac{1}{n}+1,\ \ldots, \end{array}\right. \rightarrow$$

$$\rightarrow \left.\begin{array}{l} \frac{r+1}{n}-\frac{n-2}{n-1}+1,\ \frac{r+1}{n}-\frac{n-1}{n-1}+1 \\ -\frac{n-2-r}{n}+1,\ \frac{1}{\zeta} \end{array}\right).$$

---

(¹) E. GOURSAT, *loc. cit.*

Considérons les racines $z_1, z_2, \ldots$ comme des fonctions de $\beta$. Nous obtenons alors, en remplaçant $\beta$ par $\nu^p\beta$,

$$(3) \quad z_n(\nu^p\beta) = \nu^p z_n(\beta), \qquad z_i(\nu^p\beta) = \nu^p z_{n-1+i-p}(\beta) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$

où les indices $n-1+i-p$ sont à remplacer par le reste positif suivant le module $n-1$ quand $i-p>0$. Les points critiques de ces racines sont les racines du discriminant résolu par rapport à $\beta$. Le discriminant est de degré $n-1$ par rapport à $\beta$. Désignons par $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_{n-1}$ les racines du discriminant. Soit $\beta_h$ le point critique de $z_h$. A l'aide de (3) nous pouvons démontrer que

$$z_h \overset{\beta_h}{\rightarrow} z_n, \qquad z_h \overset{\beta_i}{\rightarrow} z_h \qquad (i \gtrless h)$$

en désignant par le symbole $A \overset{a}{\rightarrow} B$ que la fonction A se change en B quand $\beta$ décrit un contour autour de $a$. C'est donc toujours la racine $z_n$ qui se change en une des autres racines.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques transformations des équations aux dérivées partielles du second ordre.* Note de M. **Zervos**, présentée par M. E. Goursat.

Clairin a étudié [1] la transformation suivante :

$$(A) \qquad \begin{cases} p' = f(x, y, z, p, q) + \alpha p z', \\ q' = \varphi(x, y, z, p, q) + \alpha q z', \end{cases}$$

où $\alpha$ désigne une constante quelconque.

Je remarque que les seuls termes de la condition d'intégrabilité [2]

$$(C) \qquad \frac{\partial p'}{\partial y} = \frac{\partial q'}{\partial x},$$

qui pourraient renfermer $z'$, proviendraient de la dérivation correspondant à chacun des termes $\alpha p z'$ et $\alpha q z'$, d'où l'on voit immédiatement que l'équation (C) ne renferme pas $z'$.

Cette remarque nous conduit à considérer des transformations de la

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 923.

(2) Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, t. 2, p. 259.

forme :

$$(A_1)\qquad \begin{cases} p' = f(x, y, z, p, q) + \alpha(x, y, p, q) z', \\ q' = \varphi(x, y, z, p, q) + b(x, y, p, q) z', \end{cases}$$

où $\alpha$ et $b$ sont des fonctions de $x, y, p, q$ seulement.

Cherchons les conditions sous lesquelles la condition d'intégrabilité

$$(C_1)\qquad \frac{\partial p'}{\partial y} = \frac{\partial q'}{\partial x}$$

correspondant à la transformation $(A_1)$ ne contient pas $z'$.

La condition $(C_1)$ peut s'écrire

$$\left(\frac{df}{dy}\right) + \alpha\varphi + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial y} + \frac{\partial \alpha}{\partial p} s + \frac{\partial \alpha}{\partial q} t\right) z' = \left(\frac{d\varphi}{dx}\right) + bf + \left(\frac{\partial b}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial p} r + \frac{\partial b}{\partial q} s\right) z',$$

$\left(\frac{d}{dx}\right)$ et $\left(\frac{d}{dy}\right)$ ayant la signification ordinaire (¹).

Il faut donc et il suffit pour notre but qu'on ait

$$\frac{\partial \alpha}{\partial y} + \frac{\partial \alpha}{\partial p} s + \frac{\partial \alpha}{\partial q} t = \frac{\partial b}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial p} r + \frac{\partial b}{\partial q} s,$$

d'où il résulte que : Si les fonctions $\alpha$ et $b$ satisfont au système

$$(\varepsilon)\qquad \frac{\partial \alpha}{\partial y} = \frac{\partial b}{\partial x}, \qquad \frac{\partial \alpha}{\partial p} = \frac{\partial b}{\partial q}, \qquad \frac{\partial \alpha}{\partial q} = 0, \qquad \frac{\partial b}{\partial p} = 0,$$

l'équation $(C_1)$ ne renfermera pas $z'$, d'où l'on déduit facilement d'autres conséquences relatives à la transformation $(A_1)$ (²).

L'intégration du système $(\varepsilon)$ nous amène à prendre

$$\alpha = \gamma p + \Delta_1(x), \qquad b = \gamma q + \Delta_2(y)$$

(où $\gamma$ désigne une constante quelconque) pour qu'on ait une condition d'intégrabilité $(C_1)$ ne renfermant pas $z'$. La vérification est très facile.

En suivant la même marche je peux arriver à des résultats plus généraux en considérant des équations de la forme

$$p' = f_1(x, y, z, p, q, z', \alpha, b),$$
$$q' = f_2(x, y, z, p, q, z', \alpha, b),$$

où $\alpha$ et $b$ représentent des fonctions à déterminer pour que la condition d'intégrabilité ne contienne pas $z'$.

---

(¹) GOURSAT, *Leçons sur l'intégration*, etc., t. 1, p. 172.

(²) GOURSAT, *Ibid.*, t. 2, p. 260.

Remarquons qu'on pourrait poser le problème assez général suivant : Soient données quatre équations de la forme

$$\text{(K)} \qquad F_i(x, y, z, p, q, x', y', z', p', q'; \alpha, b, \ldots) = 0 \qquad (i = 1, 2, 3, 4),$$

déterminer les fonctions $\alpha$, $b$, ..., de façon que le système (K) remplisse d'autres conditions données d'avance.

Ainsi on peut poser le problème suivant :

Étant données les équations (K) et une forme réduite (B) d'un système de deux équations de Pfaff à six variables [1], déterminer les fonctions $\alpha, b$, ... de manière qu'on arrive après la réduction [2] à un système de la forme réduite (B).

HYDRAULIQUE. — *Sur la transmission de l'énergie par les vibrations de liquides dans les conduites.* Note [3] de MM. **C. Camichel**, **D. Eydoux** et **A. Foch**, transmise par M. Blondel.

1. M. Constantinescù a récemment rendu compte dans les *Annales des Mines de Roumanie* [4] de ses recherches sur la transmission de l'énergie au moyen d'ondes vibratoires envoyées dans une conduite pleine de liquide par un piston animé d'un mouvement alternatif.

En attendant que M. Constantinescù ait publié ses méthodes de calcul qui sont encore inédites, nous avons abordé la question par la méthode générale des coups de bélier d'après Allievi. Gardant les notations habituelles, nous avons à l'extrémité génératrice de la conduite un piston animé du mouvement

$$(1) \qquad v = v_0 \cos \omega t.$$

Écrivons alors les équations générales sous la forme

$$(2) \qquad \begin{cases} y - y_0 = \dfrac{a}{g}\left[f_1\left(t - \dfrac{x}{a}\right) + f_2\left(t + \dfrac{x}{a}\right)\right], \\ v = -f_1\left(t - \dfrac{x}{a}\right) + f_2\left(t + \dfrac{x}{a}\right). \end{cases}$$

---

(1) Goursat, *Sur le problème de Bäcklund et les systèmes de deux équations de Pfaff* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, t. 10).

(2) Goursat, *Ibid.*, Chap. II.

(3) Séance du 18 octobre 1920.

(4) *Annales des Mines de Roumanie*, 1919, p. 363, et 1920, p. 1.

Du mouvement à l'extrémité réceptrice, on peut déduire, à l'aide de ces équations, la forme de la fonction $f_2$ en fonction de $f_1$.

D'autre part, le régime périodique étant supposé établi, $f_1$ peut se mettre sous la forme

$$f_1 = \sum_1^n A_n \cos(n\Omega t - \theta_n).$$

On sait que la seule vibration qui transmette de l'énergie est l'harmonique de $y$ de même période que la vitesse. Dans l'expression de $f_1$, nous n'aurons donc qu'à envisager le terme pour lequel $n\Omega = \omega$, et la vitesse à l'extrémité réceptrice s'écrira sous la forme

$$u = -u_0 \cos(\omega t - \varphi). \tag{3}$$

Les équations (2) deviennent alors :

$$\left\{\begin{aligned} y - y_0 &= \frac{a}{g}\left\{ 2A\cos\left[\omega\left(t - \frac{l}{a}\right) - \theta\right]\cos\omega\frac{l-x}{a} - u_0\cos\left[\omega\left(t - \frac{l-x}{a}\right) - \varphi\right]\right\}, \\ v &= 2A\sin\left[\omega\left(t - \frac{l}{a}\right) - \theta\right]\sin\omega\frac{l-x}{a} - u_0\cos\left[\omega\left(t - \frac{l-x}{a}\right) - \varphi\right]. \end{aligned}\right. \tag{4}$$

*a. Conduite simple munie d'un piston à chaque bout.* — Si l'on achève de déterminer A et $\theta$ en écrivant qu'à l'extrémité génératrice la vitesse est donnée par l'équation (1), on trouve qu'il y aura résonance et que la pression pourra atteindre une valeur théoriquement infinie si la période de la vibration est un harmonique pair de celle de la conduite, à moins que l'on n'ait :

$$v_0 = u_0, \qquad \varphi = -\frac{\omega l}{a}. \tag{5}$$

Or M. Constantinescu a vérifié expérimentalement que, par suite des actions réciproques exercées par la conduite et le moteur l'un sur l'autre, c'est toujours un régime d'harmoniques pairs qui s'établit.

La conduite fonctionne donc toujours en multiple de demi-onde, et comme les conditions (5) sont pratiquement impossibles à réaliser constamment, ce régime n'est pas utilisable.

En désignant par S la section de la conduite, la puissance moyenne que l'on transmettrait ainsi serait égale à $\frac{\varpi a}{2g} v_0^2 S$.

*b. Conduite munie d'un réservoir d'eau à son extrémité génératrice.* — Soit CS le volume de ce réservoir supposé assez petit pour qu'on puisse

admettre des réflexions d'ondes extrêmement rapides, de telle façon que les mouvements de compression s'y produisent pour ainsi dire en bloc; on a :

$$\frac{dC}{C} = -\frac{g}{a^2}dy$$

Désignant alors par $v$ la vitesse dans la conduite et par V la vitesse du piston générateur, nous écrivons l'équation de continuité à l'extrémité génératrice sous la forme

$$(6) \qquad V = v + \frac{gC}{a^2}\frac{dy}{dt};$$

on en déduit que les périodes dangereuses sont données par l'équation

$$(7) \qquad \operatorname{tang}\frac{\omega l}{a} - \frac{C\omega}{a} = 0$$

et ne correspondent plus à la période des mouvements qui tendent à s'établir.

Si l'on cherche l'expression de la puissance moyenne, on trouve, en posant $\omega l = n\pi a$ :

$$W = \frac{\varpi}{2g}\frac{la}{\pi n}\frac{u_0 v_0}{C}\sin\varphi.$$

*c. Conduite avec réservoir d'eau à une distance $l_2$ de l'extrémité réceptrice et $l_1$ de l'extrémité génératrice.* — Le calcul, que nous ne développons pas, mais qui se conduit exactement comme le précédent, montre que les périodes dangereuses sont données par l'équation

$$(8) \qquad \operatorname{tang}\frac{\omega l_2}{a} - \operatorname{tang}\frac{\omega l_1}{a} = \frac{C\omega}{a}.$$

Les équations (9) et (10) sont semblables à celles qui donnent les résonances pour une capacité placée en dérivation sur une antenne, ce qui complète l'analogie entre ces phénomènes hydrauliques et les phénomènes électriques [1].

2. Pour transmettre une puissance appréciable par ce procédé, il faut que la valeur de $v_0$ soit élevée. Il s'ensuit des surpressions importantes suivies de dépressions de même valeur; or il faut que $y$ ne descende jamais au-dessous de 0, sous peine d'avoir dégagement de l'air dissous, ou même rupture de la colonne liquide, comme nous l'avons montré; on voit donc la nécessité d'avoir des pressions initiales $y_0$ considérables.

---

[1] A. Foch, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 569 et 687.

D'autre part, voulant assimiler entièrement les phénomènes électriques et les phénomènes hydrauliques et retrouver un terme de frottement de la forme $Rv$, alors qu'en régime hydraulique les pertes sont de la forme $Rv^2$, M. Constantinescù est amené à considérer une fonction périodique égale à $\cos^2 \omega t$ pendant la première moitié d'une période et à $-\cos^2 \omega t$ pendant la seconde moitié, et à limiter cette fonction au premier terme de la série de Fourier correspondante, soit $\frac{8}{3\pi}\cos \omega t$. Mais d'une part, il entre toujours le terme $v_0^2$ dans la partie constante; en second lieu, on voit aisément que le rapport entre $\cos \omega t$ et la fonction développée varie de 1 à $\infty$ pendant une période.

La simplification proposée ne paraît donc pas théoriquement légitime.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les symétries du champ gravifique et l'extension lorentzienne du principe d'Hamilton.* Note de **M. A. Buhl**, présentée par M. Appell.

Je poursuis le simple exposé de ma précédente Note (20 septembre) relatif aux symétries des champs électromagnétique et gravifique. Pour abréger l'écriture, $g$ désignant toujours le déterminant des potentiels gravifiques, je poserai

$$\sqrt{-g} = \Omega.$$

Les symétries fondamentales déjà décrites l'ont été, dans la Note en question, en six alinéas [1]. D'après le troisième et le quatrième de ceux-ci, on a

$$2(F_i + G_i) = \pm \begin{vmatrix} \frac{M_{i1}}{\Omega} & \frac{M_{i2}}{\Omega} & \frac{M_{i3}}{\Omega} & \frac{M_{i4}}{\Omega} \\ \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} & \frac{\partial}{\partial x_4} \\ M^*_{1\omega} & M^*_{2\omega} & M^*_{3\omega} & M^*_{4\omega} \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{vmatrix}.$$

La notation indique qu'il faut d'abord écrire le déterminant avec le signe *plus* et lui adjoindre, avec le signe *moins*, un second déterminant de forme identique mais où les astérisques sont transportés des M qui en ont à ceux qui n'en ont pas.

---

[1] Je dois corriger ici une faute d'impression de la page 548. Dans l'expression $-2(F_i + \mathfrak{F}_i)$ du cinquième alinéa, le 2 doit être remplacé par un 4.

Voici maintenant une nouvelle loi de symétrie qui forme naturellement un septième alinéa à adjoindre aux six déjà publiés.

7° *Si, dans chacun des deux déterminants formant* $2(F_i + G_i)$, *on écrit les lignes* 1, 2, 3, 4 *dans l'ordre* 4, 3, 1, 2, *on forme* $2(G_i - F_i - 2\mathfrak{F}_i)$.

Comme on a

$$2(G_i - F_i - 2\mathfrak{F}_i) - 2(F_i + G_i) = -4(F_i + \mathfrak{F}_i)$$

et que ce dernier binome a déjà été étudié, on a ainsi un moyen de le retrouver et de vérifier l'assertion soulignée. Mais, ce qui paraît encore plus important, on a aussi

$$2(G_i - F_i - 2\mathfrak{F}_i) + 2(F_i + G_i) = 4(G_i - \mathfrak{F}_i),$$

et ceci (les $G_i$ étant nuls dans le champ gravifique d'Einstein) donne un moyen nouveau et extrêmement symétrique pour *définir* directement les $\mathfrak{F}_i$.

Ce n'est pas tout, car il y a au moins deux sortes de symétries dans l'étude de ces $\mathfrak{F}_i$. Posons

$$8K_i\Omega = \underset{*}{\pm} \begin{vmatrix} M_{1\omega} & M_{2\omega} & M_{3\omega} & M_{4\omega} \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ \dfrac{\partial M^*_{1\omega}}{\partial x_i} & \dfrac{\partial M^*_{2\omega}}{\partial x_i} & \dfrac{\partial M^*_{3\omega}}{\partial x_i} & \dfrac{\partial M^*_{4\omega}}{\partial x_i} \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{vmatrix},$$

ce qui est la formule (303) de la *Théorie* de M. Th. De Donder à cela près qu'il me semble plus symétrique d'appeler $K_i\Omega$ ce que l'éminent géomètre et physicien belge appelle plus simplement $K_i$. Alors les quatre quantités $\mathfrak{F}_i$ peuvent encore se calculer à l'aide du Tableau

$$\begin{matrix} 2(G_1 + K_1 - \mathfrak{F}_1) \\ 2(G_2 + K_2 - \mathfrak{F}_2) \\ 2(G_3 + K_3 - \mathfrak{F}_3) \\ 2(G_4 + K_4 - \mathfrak{F}_4) \end{matrix} \underset{*}{\pm} \begin{Vmatrix} M_{i1} & M^*_{i1} & \dfrac{\partial}{\partial x_1} \\ M_{i2} & M^*_{i2} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} \\ M_{i3} & M^*_{i3} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} \\ M_{i4} & M^*_{i4} & \dfrac{\partial}{\partial x_4} \end{Vmatrix} \frac{1}{\Omega} \underset{*}{\pm} \begin{Vmatrix} M_{i1} & M^*_{1\omega} & 1 \\ M_{i2} & M^*_{2\omega} & 2 \\ M_{i3} & M^*_{3\omega} & 3 \\ M_{i4} & M^*_{4\omega} & 4 \end{Vmatrix} \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{1}{2\Omega}.$$

dont on fera usage de la manière suivante : Réunissant la première colonne et la première matrice, on égalera les termes de cette première colonne aux coefficients qu'ils ont alors dans le déterminant ainsi formé; on adjoindra les termes formés de même avec la première colonne et la seconde matrice; on tiendra compte comme plus haut des doubles signes à astérisques.

On voit notamment que les quatre quantités $G_i + K_i - \mathfrak{F}_i$ sont nulles si $g$ est constant et qu'en ce cas, dans le champ d'Einstein ($G_i = 0$), les $K_i$ s'identifient aux $\mathfrak{F}_i$.

Revenant au cas général, on voit que les $K_i$ jouent toujours le rôle essentiel dans la formation des $\mathfrak{F}_i$. On peut écrire aussi

$$8K_i\Omega = -\left|\begin{array}{c|cccc|cc} \dfrac{\partial}{\partial x_i}\dfrac{1}{\Omega} & & & & & M_{1\omega} & 1 \\ & & & g & & M_{2\omega} & 2 \\ & & & & & M_{3\omega} & 3 \\ & & & & & M_{4\omega} & 4 \\ & M_{1\omega} & M_{2\omega} & M_{3\omega} & M_{4\omega} & 0 & 0 \\ & 1 & 2 & 3 & 4 & 0 & 0 \end{array}\right|$$

On calculera ce nouveau déterminant en partant des $2M_{ij}$ donnés par les deux dernières lignes : dans les coefficients de ces $2M_{ij}$ il n'y aura, issus du noyau $g$, que des déterminants du second ordre dont la division par $\Omega$ devra subir la dérivation partielle en $x_i$. Ce résultat est une autre forme de l'égalité (308) de M. de Donder.

L'étude de $8K_i\Omega$ apparaît comme étant en relation étroite avec celle d'une expression $8L$ qui se déduit du second membre précédent en y supprimant l'opérateur de dérivation. Et alors L est une généralisation manifeste de la forme quadratique adjointe qui, dans la Mécanique classique, s'introduit quand on veut passer des équations de Lagrange, ou du principe d'Hamilton, aux équations canoniques [1].

On conçoit alors que la forme L puisse être le point de départ d'une extension du principe d'Hamilton, et l'extension ainsi retrouvée est celle de Lorentz [2].

L'extrême brièveté de ces indications n'empêche point d'en pressentir la portée. Au fond, on utilise des déterminants symboliques qui diffèrent des déterminants ordinaires en ce qu'ils contiennent des rangées d'opérateurs de dérivation. Là où les déterminants ordinaires changent tout au plus de signe par transpositions de lignes ou colonnes, les déterminants symboliques subissent des changements plus complexes; mais ce sont précisément ces nouvelles propriétés qui sont du plus haut intérêt puisqu'elles transforment, les unes en les autres, les formules fondamentales de l'électromagnétisme et de la gravifique.

---

(1) Cf. P. Appell, *Mécanique*, t. 1, 3e édition, p. 553; t. 2, 2e édition, p. 399.

(2) Cf. Th. De Donder, *Théorie*, p. 89.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la variation d'entropie dons les ondes de choc des solides élastiques.* Note de M. E. **Jouguet**, présentée par M. Lecornu.

I. Nous avons donné, dans deux Notes antérieures [1], les équations d'une onde de choc propageant, au sein d'un solide élastique, un état 2 dans un état 1. Nous supposerons ici, ce qui est toujours permis, l'axe des $x$ normal à l'onde à l'origine O des coordonnées. Dès lors, on a, avec nos notations antérieures,

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial\xi_2}{\partial a} = \dfrac{\partial\xi_1}{\partial a} + f, & \dfrac{\partial\xi_2}{\partial b} = \dfrac{\partial\xi_1}{\partial b}, & \dfrac{\partial\xi_2}{\partial c} = \dfrac{\partial\xi_1}{\partial c}, \\ \dfrac{\partial\eta_2}{\partial a} = \dfrac{\partial\eta_1}{\partial a} + g, & \dfrac{\partial\eta_2}{\partial b} = \dfrac{\partial\eta_1}{\partial b}, & \dfrac{\partial\eta_2}{\partial c} = \dfrac{\partial\eta_1}{\partial c}, \\ \dfrac{\partial\zeta_2}{\partial a} = \dfrac{\partial\zeta_1}{\partial a} + h, & \dfrac{\partial\zeta_2}{\partial b} = \dfrac{\partial\zeta_1}{\partial b}, & \dfrac{\partial\zeta_2}{\partial c} = \dfrac{\partial\zeta_1}{\partial c}. \end{cases}$$

Les équations des ondes de choc peuvent d'ailleurs se transformer en considérant l'entropie $S = -\dfrac{\partial\Phi}{\partial T}$ et l'énergie interne $U = \Phi - T\dfrac{\partial\Phi}{\partial T}$ de l'unité de masse du corps. En éliminant T entre ces deux expressions, U devient une fonction de $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$, S et l'on a

$$T = \frac{\partial U}{\partial S}, \qquad \frac{A_x}{r} = \frac{\partial U}{\partial \dfrac{\partial\xi}{\partial a}}, \qquad \frac{A_y}{r} = \frac{\partial U}{\partial \dfrac{\partial\eta}{\partial a}}, \qquad \frac{A_z}{r} = \frac{\partial U}{\partial \dfrac{\partial\zeta}{\partial a}}.$$

II. L'état 1 étant donné, tous les états 2 qui peuvent s'y propager par l'onde perpendiculaire à $Ox$ que nous supposons, ne diffèrent que par les valeurs de $\dfrac{\partial\xi}{\partial a}, \dfrac{\partial\eta}{\partial a}, \dfrac{\partial\zeta}{\partial a}$, S. Donc U peut être considéré comme une simple fonction de S et de $\dfrac{\partial\xi}{\partial a}, \dfrac{\partial\eta}{\partial a}, \dfrac{\partial\zeta}{\partial a}$, ces dernières variables subissant des accroissements $f, g, h$ au passage de l'onde. Désignons par $\sigma$ l'accroissement $S_2 - S_1$ subi par S dans les mêmes conditions. Posons, pour abréger l'écriture,

$$k = \left(\frac{dP}{dt}\right)^2, \qquad n = \frac{\partial\xi}{\partial a}, \qquad p = \frac{\partial\eta}{\partial a}, \qquad q = \frac{\partial\zeta}{\partial a}.$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 461 et 512. Nous signalerons ici une faute d'impression qui s'est glissée dans la première de ces Notes. La dernière équation de ladite Note doit être complétée par le facteur $(U_2 - U_1)$ au premier membre.

Les équations des ondes de choc s'écrivent alors :

$$
(2)\quad\left\{
\begin{aligned}
kf &= \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_2 - \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_1,\\
kg &= \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_2 - \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_1,\\
kh &= \left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_2 - \left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_1,\\
k(U_2 - U_1) &= \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_2^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_2^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_2^2 - \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_1^2 - \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_1^2 - \left(\frac{\partial U}{\partial q}\right)_1^2\right].
\end{aligned}
\right.
$$

Pour examiner toutes les discontinuités susceptibles de se propager par l'onde perpendiculaire à $Ox$ dans l'état 1 donné, il faut, dans (2), considérer $f, g, h, \sigma, k$ comme variables. Une discontinuité peut être représentée par un point P dont les coordonnées sont $f, g, h$. Il résulte de (2) que tous les points P représentant toutes les discontinuités possibles dessinent une courbe $\mathfrak{S}$ qui passe par l'origine.

III. Considérons les discontinuités faibles, représentées par des points P de $\mathfrak{S}$ très voisins de l'origine. $f, g, h$ sont infiniment petits. Prenons pour infiniment petit principal la longueur de l'arc $OP = \sqrt{f^2 + g^2 + h^2}$ et cherchons l'ordre d'infinitude de $\sigma$.

$\psi$ étant une fonction de $f, g, h, \sigma$, nous poserons, en désignant par $(n)$ un exposant symbolique,

$$\Delta^n \psi = \left(\frac{\partial \psi}{\partial f} f + \frac{\partial \psi}{\partial g} g + \frac{\partial \psi}{\partial h} h\right)^{(n)}.$$

Pour $f, g, h$, infiniment petits, la troisième équation (2) peut s'écrire

$$k\,\Delta U + k\frac{\partial U}{\partial S}\sigma = \sum_{n,p,q} \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_1 \left[\left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_2 - \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_1\right].$$

En remplaçant $\left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_2 - \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_1, \cdots$ par leurs valeurs tirées des premières équations (2), on trouve

$$\frac{\partial U}{\partial S}\sigma = 0,$$

ce qui prouve que $\sigma$ est d'ordre supérieur au premier.

Un calcul analogue montre qu'il est même d'ordre supérieur au second.

Par conséquent, la dernière équation (2) devient, en négligeant les

infiniment petits d'ordre supérieur au troisième,

$$k\Delta U + k\frac{\partial U}{\partial S}\sigma + \frac{1}{2}k\Delta^2 U + \frac{1}{6}k\Delta^3 U$$
$$= \sum_{n,p,q}\frac{1}{2}\left[2\left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_1 + \Delta\frac{\partial U}{\partial n} + \frac{1}{2}\Delta^2\frac{\partial U}{\partial n}\right]\left[\left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_2 - \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_1\right].$$

En remplaçant $\left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_2 - \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_1$, ··· par leurs valeurs tirées des premières équations (2), il vient

$$\frac{\partial U}{\partial S}\sigma = \frac{1}{12}\Delta^3 U. \tag{3}$$

La variation d'entropie $\sigma$ est donc du troisième ordre au moins et, par conséquent, pour les discontinuités faibles, la loi adiabatique dynamique d'Hugoniot est très voisine de la loi adiabatique ordinaire.

Il suit de là que, si l'on écrit les trois premières équations (2) en ne conservant que les termes du premier ordre, $\sigma$ disparaît de ces équations. La courbe $\mathfrak{S}$, définie plus haut, a donc un point triple à l'origine et les tangentes au point triple sont les axes de l'ellipsoïde de polarisation d'Hadamard-Duhem.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le point* $Ar_3$ *des aciers, et la martensite.* Note [1] de M. P. **Dejean**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans un article récent [2] M. L. Guillet donne un diagramme inédit de M. Chevenard relatif aux alliages fer-nickel, pratiquement exempt de carbone. Pour tous les alliages compris entre 0 et 25 pour 100 de nickel, la courbe des points critiques $Ar_3$ ne montre aucune discontinuité, ce qui conduirait à faire une restriction dans les résultats que nous avons précédemment publiés [3] sur les points critiques des aciers au nickel à 0,2 pour 100 de carbone.

Nous allons montrer que ces deux séries de résultats ne sont pas contradictoires et qu'on peut au contraire en tirer des conclusions très importantes.

Pour plus de clarté toutefois, nous allons commencer par utiliser dans

(1) Séance du 18 octobre 1920.
(2) *Revue générale des Sciences*, 31e année, 1920, p. 496.
(3) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 334.

notre exposé les résultats obtenus sur les aciers au manganèse, qui ont comme on le sait de grandes analogies avec les aciers au nickel. Il est, en effet, très difficile d'étudier d'une manière précise ces derniers aciers, lorsqu'ils sont un peu carburés, car dès qu'ils sont chauffés au-dessus du point $Ac_1$, ils déposent une quantité plus ou moins grande de graphite qui rend l'étude de leurs courbes de refroidissement assez aléatoire. Les aciers au manganèse carburés n'ont pas cet inconvénient.

Pour ne pas compliquer les figures, nous n'avions représenté dans notre étude antérieure, que deux lignes. La première représentant le lieu des *points* A correspondait aux points $Ar_1$, à l'exclusion des points $Ar_2$ et $Ar_3$.

M. Chevenard ne fait figurer dans sa courbe que le point mis en évidence par le dilatomètre dans les alliages peu carburés, c'est-à-dire $Ar_3$. Nous avons porté dans un nouveau diagramme des aciers au manganèse (*fig.* 1)

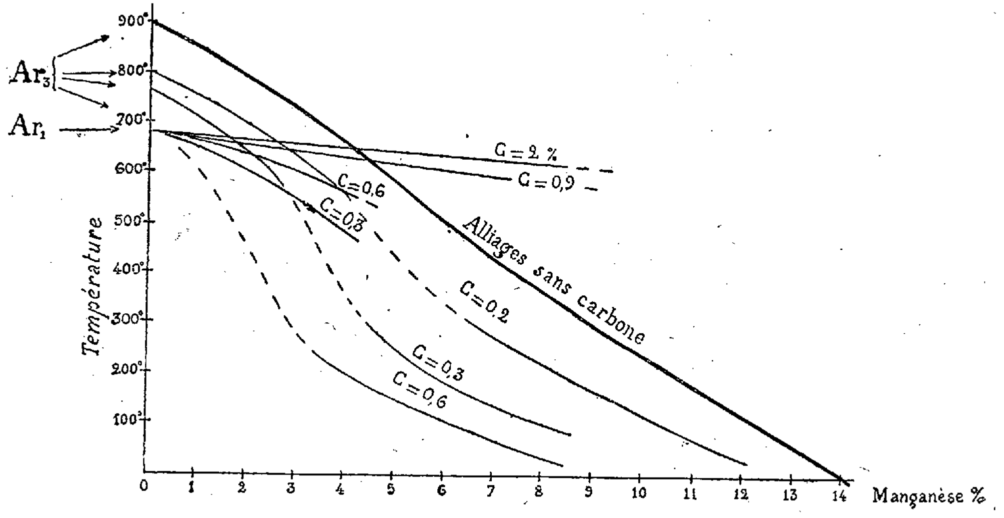



Diagramme des points critiques $Ar_3$ et $Ar_1$ des aciers au manganèse.

les points $Ar_1$ et $Ar_3$ obtenus au cours de refroidissements relativement lents. De même que la courbe des aciers sans carbone qui a été construite par analogie avec celle obtenue par M. Chevenard sur les aciers au nickel [1], toutes les autres courbes tracées en traits continus bien qu'établies d'après plus de 50 résultats expérimentaux, doivent être surtout considérées dans leur allure générale. La courbe des alliages sans carbone nous a permis de

(1) Étant donnée l'affinité du manganèse pour le carbone, il est extrêmement difficile d'obtenir des aciers au manganèse à moins de 0,2 pour 100 de carbone.

réunir avec assez de vraisemblance, par un trait pointillé, la partie basse des courbes avec les portions correspondantes des courbes des points $Ar_3$, dans leur parcours supérieur aux courbes $Ar_1$ pour des aciers de même carburation.

Il résulte de ce diagramme que les points bas que nous avions dénommés *points* B, et qui sont la caractéristique des aciers martensitiques, ne seraient autres que des points $Ar_3$ abaissés (par suite de l'introduction de constituants divers : carbone, nickel, manganèse, etc.) au-dessous du point $Ar_1$ correspondant.

Comment expliquer ce déplacement?

Rappelons tout d'abord que $Ar_3$ correspond à la transformation allotropique du fer, tandis que $Ar_1$ est la limite au-dessous de laquelle, dans les cas normaux (nous n'osons pas parler ici d'équilibre), le carbure n'est plus soluble dans la ferrite.

En ajoutant au fer du manganèse ou du nickel, on abaisse progressivement la température de la transformation allotropique (voir la courbe correspondant aux alliages sans carbone). Le carbone (au moins jusqu'à 0,6 pour 100 dans les aciers au manganèse) abaisse encore d'autant plus ce point que sa teneur est plus forte.

Quant à la température normale de précipitation du carbure, décelée par $Ar_1$, elle s'abaisse aussi, mais beaucoup plus lentement en fonction de la teneur en manganèse. Cet abaissement est du reste d'autant plus faible que la teneur en carbone est plus élevée. C'est ainsi qu'un acier soumis au refroidissement peut être appelé à franchir la zone critique de précipitation du carbure, avant celle de la transformation allotropique du fer. Plusieurs cas peuvent alors se produire :

1° Si rien ne s'oppose à cette précipitation, elle s'effectue à la température prévue et peut même entraîner la transformation allotropique du fer, *par suite de la modification qu'elle introduit dans la composition du milieu.* On a ainsi production d'un point unique $Ar_{1,3}$.

2° Par suite des résistances passives, la précipitation du carbure peut être incomplète au point $Ar_1$. Si la température normale de production du point $Ar_3$ est au-dessous de celle de $Ar_1$, la transformation allotropique du fer ne s'effectuera que très partiellement en ce point. Elle s'achèvera alors au point $Ar_3$ abaissé, sans entraîner pour cela la précipitation du carbure qui reste en solution.

On a ainsi le dédoublement des points critiques.

3° Les résistances passives empêchent totalement la précipitation du

carbure. Le point $Ar_1$ ne se produit plus. Tout le carbure reste en solution, ce qui n'empêche pas la transformation allotropique du fer de se produire au point $Ar_3$ abaissé.

On obtient ainsi l'acier martensitique pur, constitué comme M. Le Chatelier l'avait indiqué, de carbure de fer en solution dans le fer $\alpha$.

Ces considérations s'appliquent aussi bien au cas des aciers au manganèse qu'à celui des aciers au nickel et même des aciers au carbone. Elles n'expliquent pas toutefois les dédoublements du point bas que nous avons signalé récemment [1].

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons des dérivés halogénés du plomb et du thallium.* Note [2] de M. **Barlot**, présentée par M. A. Haller.

L'observation de formes cristallines imprévues, obtenues en essayant de caractériser microchimiquement le thallium et le plomb dans des dissolutions renfermant des mélanges de leurs sels, nous a conduit à préciser quelques points intéressants, concernant les combinaisons que peuvent former entre eux les dérivés halogénés de ces deux métaux.

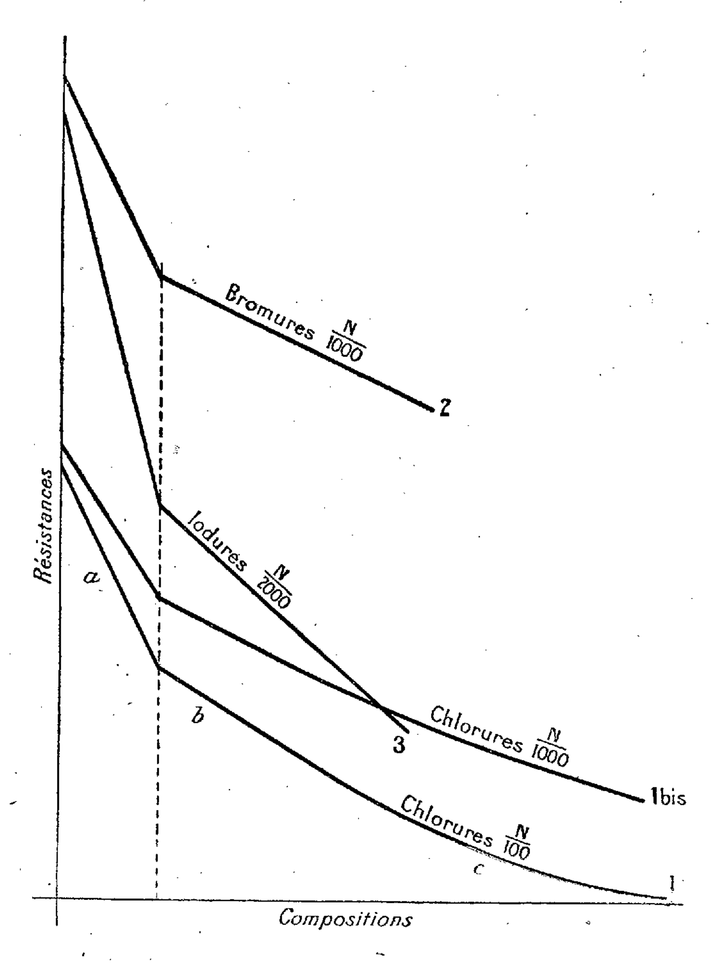
Dans un travail publié en 1909, Ephraïm et Barteczko [3] indiquent, comme probable mais non démontrée, l'existence de la combinaison $TlCl, PbCl^2$; quelques années plus tard, une étude thermique de différents couples binaires, tels que $TlCl HgCl^2$, $TlCl SnCl^2$, $TlCl PbCl^2$, etc., amenait Sandonnini [4] à conclure à l'existence de solutions solides en toutes proportions, des constituants.

Nous avons étudié la conductibilité des solutions aqueuses centinormales de $TlCl$ et $PbCl^2$, en faisant varier graduellement le rapport des deux composants. Les résultats sont indiqués par le graphique ci-contre (courbe n° 1); les résistances sont portées en ordonnées et les compositions des dissolutions en abscisses. La ligne 1 est formée de deux portions de droites, *a* et *b*, et d'une partie incurvée, d'allure parabolique *c*; ce qui donne deux points anguleux : l'un très net correspondant à $TlCl PbCl^2$, l'autre douteux pour lequel l'abscisse indiquerait le corps $2TlCl, PbCl^2$.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1043.
(2) Séance du 11 octobre 1920.
(3) Ephraïm et Barteczko, *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. 61, p. 238.
(4) Sandonnini, *Atti r. Accad. Linc.*, t. 22, 1913, p. 20-28.

Nous avons préparé le chlorure double $PbCl^2TlCl$ par refroidissement d'une dissolution aqueuse bouillante renfermant $PbCl^2$ et TlCl en quantités équimoléculaires. Ce sel, purifié par de nouvelles cristallisations, se présente en cristaux feuilletés, blancs, d'aspect nacré; vus au microscope, ces cristaux paraissent quadratiques et forment des




squelettes transparents avec ramifications en feuilles de fougères à 90°. On observe aussi parfois des formes rhombiques. Maintenu longtemps à l'ébullition en présence d'une quantité d'eau insuffisante pour le dissoudre, ce corps se décompose en donnant $PbCl^2$ et TlCl facilement identifiables au microscope.

Ce sont les cristaux de ce chlorure mixte que l'on observe dans la recherche microchimique du plomb et du thallium, mélangés à TlCl ou $PbCl^2$ en excès.

Nous avons essayé sans succès de préparer le composé hypothétique $PbCl^2$, 2TlCl.

La forme parabolique de la branche *c* de la courbe 1 s'explique, d'après nous, par une ionisation incomplète; en répétant les mêmes expériences avec des solutions milli-

normales nous avons obtenu la ligne 1 *bis* qui s'incurve beaucoup moins rapidement que la ligne 1.

La méthode des conductibilités nous a permis d'étudier les combinaisons des bromures et des iodures; mais ceux-ci étant plus solubles, nous avons dû utiliser des solutions millinormales pour les bromures et demi-millinormales pour les iodures; de plus, pour ces derniers, les mesures ont été effectuées à la température de 45° C.

Dans les deux cas nous avons obtenu des graphiques formés de deux droites se coupant en un point dont l'abscisse correspond à une combinaison équimoléculaire (n$^{os}$ 2 et 3 de la figure).

Les deux corps ainsi déterminés ont pu être préparés de la même façon que le chlorure double, et purifiés par cristallisation.

Le bromure $PbBr^2TlBr$ se présente en grands cristaux jaune pâle, formés d'aiguilles portant des ramifications en feuilles de fougères dans trois directions de l'espace à 120° les unes des autres et inclinées sur l'axe, ce qui dessine des squelettes tétraédriques. Ce corps se décompose par ébullition prolongée avec un peu d'eau en donnant des cristaux de $PbBr^2$ et de TlBr, faciles à identifier par examen au microscope.

L'iodure double, $PbI^2TlI$, est en cristaux capillaires, jaunes, très longs et flexueux quand la cristallisation se fait par refroidissement lent; plus courts, et groupés en houppes, quand la solution mère est amenée rapidement à la température ordinaire. Par ébullition prolongée avec de l'eau, ce corps est partiellement décomposé en donnant $PbI^2$ hexagonal, et la variété rouge brique quadratique de l'iodure thalleux.

Nous avons mesuré, en utilisant la balance magnétique de Curie et Cheneveau, les coefficients d'aimantation moléculaires des trois nouveaux corps obtenus et de leurs constituants.

Le coefficient d'aimantation du chlorure $TlClPbCl^2$ diffère assez peu de celui que l'on peut calculer à partir de TlCl et $PbCl^2$ par additivité; les coefficients du bromure et de l'iodure sont nettement différents et s'écartent beaucoup des valeurs prévues par le calcul; celui du bromure $TlBrPbBr^2$ est plus faible que ceux des deux constituants, tout en restant négatif; quant à l'iodure $TlIPbI^2$, il est paramagnétique bien que formé d'éléments tous diamagnétiques.

La détermination des coefficients d'aimantation fournit donc une nouvelle preuve de l'existence des combinaisons halogénées mixtes, du moins en ce qui concerne les bromures et iodures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la dégradation méthodique des acides saturés bibasiques à poids moléculaire élevé.* Note de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. Haller.

Les combinaisons organomagnésiennes, permettent non seulement de préparer aujourd'hui synthétiquement un grand nombre de substances difficilement abordables jusqu'ici, mais aussi de fixer la constitution de certains composés; en particulier, elles peuvent permettre de dégrader une molécule, après l'avoir compliquée par l'introduction, dans cette même molécule, de groupements appropriés.

C'est ainsi que M. Bouvet (1), puis MM. Ph. Barbier et R. Locquin (2) signalèrent, en 1913, une méthode très élégante permettant de passer avec certitude d'un acide bibasique saturé à un acide bibasique saturé possédant $2^{at}$ de carbone en moins. Cette méthode repose sur les principes suivants :

1° Transformer les carboxyles en deux groupements alcools tertiaires par l'action de $4^{mol}$ de RMgBr sur l'éther diméthylique ou diéthylique de l'acide bibasique :

$$C^2H^5O.OC-(CH^2)^n-CO-OC^2H^5+4RMgBr \rightarrow {}^{R}_{R}\!\!>C(OH).(CH^2)^n.C(OH)\!<\!{}^{R}_{R}.$$

2° Oxyder les hydrocarbures non saturés qui dérivent de ces alcools bitertiaires par déshydratation :

$${}^{R}_{R}\!\!>(COH)(CH^2)^n-C(OH)\!<\!{}^{R}_{R} = 2H^2O+{}^{R}_{R}\!\!>C=CH-(CH^2)^{n-2}-CH=C\!<\!{}^{R}_{R};$$

$${}^{R}_{R}\!\!>C=CH(CH^2)^{n-2}-CH=C\!<\!{}^{R}_{R}+O^3 = 2\,{}^{R}_{R}\!\!>CO+COOH-(CH^2)^{n-2}-COOH.$$

Ce processus, appliqué déjà par M. Bouvet à l'acide adipique, par MM. Barbier et Locquin à l'acide β-méthyladipique, nous a paru suscep-

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. **17**, p. 214.

(2) *Comptes rendus*, t. **156**, 1913, p. 1443.

tible d'être généralisé aux acides bibasiques saturés à poids moléculaire plus élevé, et la présente Note a pour but de résumer les résultats que nous avons obtenus avec l'acide subérique, l'acide azélaïque et l'acide sébacique.

*Obtention des alcools bitertiaires.* — Par action de $4^{mol}$ de bromure de phénylemagnésium sur $1^{mol}$ de chacun de ces trois acides pris à l'état d'éther éthylique, on prépare très facilement, en suivant la technique habituelle, les trois diols prévus par la théorie. Les rendements sont excellents.

Avec le subérate d'éthyle, on obtient le tétraphényl-1.1.8.8-octanediol-1.8 :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!> C(OH) - (CH^2)^6 - C(OH) <\!\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix},$$

constitué par de belles tables incolores, fusibles vers 112°-113°, assez solubles dans l'alcool éthylique bouillant, donnant avec l'acide sulfurique concentré et à froid une très belle coloration jaune fluorescente.

Avec l'azélaate d'éthyle, on prépare de même le tétraphényl-1.1.9.9-nonanediol-1.9, $\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!> C(OH) - (CH^2)^7 - C(OH) <\!\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}$, se présentant sous la forme de belles aiguilles, fusibles à 136°, solubles à chaud dans l'alcool éthylique et donnant avec l'acide sulfurique concentré et à froid une belle coloration rouge orangé.

Avec le sébate d'éthyle, on obtient le tétraphényl-1.1.10.10-décanediol-1.10 : $\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!> C(OH) - (CH^2)^8 - C(OH) <\!\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}$, constitué par de belles aiguilles, fusibles à 131°-132°, solubles à chaud dans l'alcool méthylique et dans l'éther, donnant avec l'acide sulfurique concentré et à froid une belle coloration jaune passant au vert par abandon à l'air.

*Obtention des carbures non saturés.* — La déshydratation de ces trois alcools bitertiaires s'effectue très facilement, et avec un rendement presque théorique, en les traitant par l'acide acétique bouillant (1 partie de diol + 20 parties d'acide); par refroidissement, le carbure diéthylénique se dépose. On obtient ainsi :

1° Le tétraphényl-1.1.8-octanediène-1.8,

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!> C = CH - (CH^2)^4 - CH = C <\!\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix},$$

cristallisé sous forme de paillettes légèrement jaunâtres, fusibles à 92°-93°, assez solubles dans l'alcool ordinaire bouillant, fixant $4^{at}$ de brome.

2° Le tétraphényl-1.1.9.9-nonanediène-1.9,

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!> C = CH.(CH^2)^5 - CH = C <\!\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix},$$

liquide huileux, légèrement jaunâtre, bouillant vers 310° sous $20^{mm}$, et ayant pour densité, à 20°, 1,047.

3° Le tétraphényl-1.1.10.10-décanediène-1.10,

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!>\! C = CH.(CH^2)^6 - CH = C \!<\!\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix},$$

constitué par de belles lamelles, incolores, fusibles à 107°-107°, assez solubles dans l'alcool éthylique à l'ébullition.

*Oxydation des carbures non saturés.* — Ces trois carbures, soumis à l'action oxydante du permanganate de potassium, s'oxydent très régulièrement suivant l'équation générale indiquée plus haut. On obtient, d'une part, la benzophénone, et, d'autre part, l'acide bibasique saturé possédant 2$^{at}$ de carbone de moins que l'acide bibasique mis en œuvre initialement. Ce résultat démontre en outre la formule de structure adoptée pour ces carbures. L'oxydation se réalise commodément en milieu acétonique; on ajoute peu à peu la quantité théorique de permanganate de potassium en maintenant la température aux environs de 15° et en agitant fréquemment; puis on filtre pour séparer le liquide incolore du magma brun. Par distillation du liquide, on obtient un résidu, constitué par de la benzophénone, fusible à 49°. Quant au magma brun, il est épuisé à l'eau bouillante, et cette solution aqueuse, concentrée, puis acidulée par l'acide chlorhydrique, abandonne des cristaux de l'acide attendu; ces cristaux sont ensuite purifiés par plusieurs cristallisations dans l'eau.

Le tétraphényl-1.1.8.8-octanediène-1.8 fournit ainsi l'acide adipique, fusible à 149°; le tétraphényl-1.1.9.9-nonanediène-1.9 donne l'acide pimélique, fusible à 105°-106° et le tétraphényl-1.1.10.10-décanediène-1.10 engendre l'acide subérique, fusible à 140°.

Ces résultats permettent donc d'attribuer aux réactions indiquées plus haut une certaine généralité.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de traces de brome dans les matières organiques.* Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. Guignard.

De nombreux auteurs ont cherché à mettre en évidence le brome qui peut exister à l'état de combinaison dans les tissus animaux ([1]). La contradiction entre les résultats positifs et les résultats négatifs jette un doute sur les uns comme sur les autres. D'autre part, si la présence du brome paraît certaine dans certains tissus, il subsiste une grande imprécision sur le rôle et la répartition de cet élément dans l'organisme.

Dans le but de caractériser dans les viscères des toxiques bromés, nous avons été conduit à reprendre toute la question du brome normal, et tout

([1]) Nous exposerons cet historique avec détails dans une publication ultérieure.

d'abord, à la suite d'une étude critique des procédés classiques, à établir une méthode sûre et sensible de recherche et de dosage de cet élément à l'état de traces. Nous exposerons dans cette première Note la technique que nous avons adoptée.

Nous avons employé, pour caractériser le brome, la réaction de MM. Denigès et Chelle (1), légèrement modifiée selon les indications contenues dans un Rapport de M. Lebeau (2) à l'Inspection des études et expériences chimiques, mode opératoire adopté plus tard par MM. Denigès et Chelle (3). La sensibilité est très grande, la limite étant $0^{mg},005$ de brome dans $10^{cm^3}$ de solution examinée. Le dosage est fait colorimétriquement.

Nous avons pu observer que le dosage du brome par ce réactif est faussé par la présence d'iodures, mais seulement s'il entre en jeu plus de $0^{mg},50$ d'iode combiné et à la température de 16°. En dessous de cette proportion, l'iode, libéré d'abord, est oxydé complètement au cours de la recherche à l'état d'acide iodique et il ne gêne pas. Notre technique générale a été conçue en conséquence. D'autre part, il nous a paru avantageux de faire, à côté de la recherche du brome, le dosage du chlore, ce qui pouvait paraître utile pour l'étude de la localisation possible de l'élément brome.

La méthode suivie est la suivante :

Les organes ou les matières organiques à étudier sont desséchés à l'étuve à 100°-105°. Dans le cas d'une recherche toxicologique comme celles que nous avions à faire, on les additionnait préalablement d'une petite quantité de potasse caustique pour hydrolyser les composés organiques halogénés qu'ils pouvaient contenir. L'extrait sec est pulvérisé, mélangé à 5 parties de nitrate de potassium, 10 parties de carbonate de sodium. La poudre homogène obtenue est placée dans une capsule d'argent et chauffée au four à moufle, progressivement, mais sans atteindre la fusion. La masse saline est reprise par l'eau, la solution est filtrée après repos de 24 heures et séparée en deux parties A et B.

La partie A sert au dosage de l'iode. Dans ce but, on peut utiliser la méthode par distillation en présence d'alun de fer ammoniacal, préconisée par M. Labat. Nous avons de préférence employé le procédé suivant, plus délicat. La solution acidulée par l'acide nitrique est additionnée d'un excès de nitrate d'argent, puis abandonnée 24 heures dans l'obscurité. Le précipité lavé est mis en suspension dans $10^{cm^3}$ d'eau; on fait passer un courant de chlore 15 minutes à froid, on ajoute $1^{cm^3}$ d'acide sulfurique, on fait passer un courant de chlore à 100° pendant 5 minutes, et finalement un courant d'air pour chasser le chlore. On centrifuge. La solution séparée est additionnée

(1) Denigès et Chelle, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1010.

(2) Rapport n° 200, en date du 20 mars 1916.

(3) Denigès et Chelle, *Bull. Soc. de Pharm. de Bordeaux*, t. 55, 1917, p. 75.

de quelques gouttes d'une solution d'anhydride sulfureux, de $2^{cm^3}$ de chloroforme et enfin d'un excès de nitrite de sodium à 5 pour 100. L'iode est finalement dosé dans le chloroforme par colorimétrie entre $0^{mg},01$ et $0^{mg},50$; par volumétrie, après avoir épuisé la liqueur à l'aide du chloroforme, au-dessus de $0^{mg},50$.

La partie B sert au dosage du chlore et du brome, et l'on opère différemment suivant les résultats donnés par la recherche de l'iode.

On neutralise et acidule par l'acide nitrique (excès $1^{cm^3}$), et l'on ajoute un excès d'une solution $\frac{N}{10}$ de nitrate d'argent. Ébullition 10 minutes, puis bain-marie pendant 3 heures. On laisse déposer jusqu'au lendemain. On sépare le précipité à l'aide d'un filtre et on le lave avec soin.

PRÉCIPITÉ.

Le précipité est rassemblé avec $3^{cm^3}$ ou $4^{cm^3}$ d'eau, et l'on ajoute 3 gouttes d'acide sulfurique et un fragment de zinc pur. Les sels d'argent se réduisent.

*Dosage du brome.*

1° *Si l'on a trouvé moins de* $1^{mg}$ *d'iode :* On filtre la solution sur un filtre $\alpha$. L'argent réduit est lavé à plusieurs reprises, les liqueurs sont reçues dans un tube à réaction, on amène leur volume à $10^{cm^3}$, et l'on fait la réaction de Denigès et Chelle modifiée. (*Brome.*)

2° *Si l'on a trouvé plus de* $1^{mg}$ *d'iode :* On répète à trois reprises la réduction du précipité d'argent réduit. On filtre sur un filtre $\alpha$, neutralise par l'ammoniaque et dilue à $40^{cm^3}$; on ajoute $1^{g}$ d'alun de fer ammoniacal, et l'on distille de façon que le résidu soit de $10^{cm^3}$, sur lesquels on fait la réaction de Denigès et Chelle. (*Brome.*)

*Dosage du chlore.*

1° *La recherche de l'iode a été négative :* On dissout dans l'acide sulfurique le zinc de la réduction. Le précipité d'argent réduit est recueilli sur le filtre $\beta$, on ajoute le filtre $\alpha$, lave pour éliminer $SO^4H^2$, calcine et pèse l'argent, d'où l'on déduit le chlore. (*Chlore.*)

SOLUTION.

2° *La recherche de l'iode a été positive :* L'argent est titré volumétriquement dans la liqueur séparée du précipité argentique par la méthode de Charpentier-Volhard, ou dosé pondéralement. (*Chlore.*).

Cette méthode, appliquée à l'analyse d'urée purifiée, d'acide oxalique pur, ayant donné à blanc des résultats négatifs, a permis de retrouver dans ces mêmes corps additionnés de quantités connues d'halogènes, les proportions de chlore et de brome qui y avaient été introduites. La recherche de l'iode n'est faite ici que pour confirmer les résultats du dosage du brome; elle n'a de valeur en effet que par rapport à la solution des sels, après destruction de la matière organique, et non à la matière organique elle-même,

une petite quantité d'iode étant perdue lors de la calcination, dans le cas des composés azotés.

Les sels employés pour la destruction sont débarrassés des éléments cherchés par une purification convenable.

Cette technique permet de retrouver le brome dans l'essai jusqu'à la limite de $0^{mg},005$. Pour une prise de $60^g$, la sensibilité est de $\frac{1}{6\,000\,000}$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réaction de coloration extrêmement sensible des phosphates et des arséniates. Ses applications.* Note de M. G. **Denigès**, présentée par M. Ch. Moureu.

Lorsque, à un certain volume d'eau ($5^{cm^3}$, par exemple), on ajoute quelques gouttes d'une solution à 10 pour 100 de molybdate d'ammonium et, après mélange, quelques gouttes d'une solution de $Cl^2Sn$ (¹) renfermant 1 pour 100 environ de stannosum, on obtient une coloration bleue formée par l'oxyde salin de molybdène, si complètement étudié par M. Guichard (²). Ce produit, que l'alcool amylique enlève à ses solutions aqueuses, ne passe pas dans l'éther.

Quand le mélange d'eau et de molybdate est acidulé par ClH ou $SO^4H^2$, la formation du bleu, pour la même dose de réducteur, est de moins en moins marquée et s'arrête même à partir d'un certain degré d'acidité (³); mais si ce mélange, quoique acidulé au delà de la limite où seul il ne donne plus de bleu avec le chlorure stanneux, est additionné d'un phosphate dissous, on constate qu'une teinte bleue, stable, se produit dès qu'on a fait intervenir le réducteur.

---

(¹) On obtiendra très vite cette solution en mettant, dans un tube à essai 0,10 d'étain en feuilles minces (papier d'étain), ajoutant $2^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique pur et 1 goutte de sulfate de cuivre à 3 ou 4 pour 100 (activeur). On chauffe légèrement jusqu'à attaque vive, qu'on rétablit en chauffant de nouveau chaque fois qu'elle se ralentit notablement. En 4 ou 5 minutes, au plus, la dissolution est faite. On étend à $10^{cm^3}$ avec de l'eau, on laisse refroidir, et, s'il y a un dépôt, on décante la partie claire, qui constitue le réactif cherché.

(²) *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. 23, 1901, p. 557.

(³) Pour reprendre quand la concentration en acide devient considérable. C'est ainsi que le mélange, à volumes égaux, d'acide sulfurique concentré et d'une solution aqueuse à 10 pour 100 de molybdate d'ammonium, constitue un réactif très sensible des sels stanneux. On le conservera en flacons noirs ou rouges (Denigès, *Bulletin de la Soc. de Pharm. de Bordeaux*, 1893, p. 286, et 1896, p. 45).

La matière colorante qui se produit ainsi n'est point identique à la précédente : à l'encontre d'elle, l'éther l'enlève à ses solutions suffisamment acidulées, et, en outre, elle est beaucoup plus stable vis-à-vis des alcalis. Elle est formée d'un phospho-conjugué molybdénique, sur lequel nous reviendrons. En se plaçant dans les conditions que nous allons déterminer, sa formation permet de rechercher des traces extrêmement faibles d'ion phosphorique (jusqu'à $0^{mg},02$ de P, sous cette forme, en opérant sur $5^{cm^3}$ de solution soit *un dix-millième de milligramme* dans la prise d'essai); de plus, elle est réalisable directement en présence des matières organiques les plus variées : on l'obtient remarquablement avec une seule goutte de sang, de lait, d'urine, etc., diluée dans $5^{cm^3}$ d'eau.

Comme un excès d'acide et même de molybdate diminue la sensibilité de la réaction, on est conduit, pour la réaliser le plus favorablement possible, à ne pas opérer en milieu trop neutre, pour éviter absolument la production de bleu de molybdène non phosphorique, et cependant ni trop acide, ni trop riche en molybdate, pour que le bleu phosphomolybdénique se forme en quantité maxima.

Or il se trouve que la solution sulfomolybdique que nous avons, il y a fort longtemps, indiquée (voir note 3 pour sa préparation) comme réactif de Sn et de $H^2O^2$, renferme les proportions relatives de molybdate et d'acide les plus avantageuses pour permettre, après dilution suffisante, d'effectuer, dans les meilleures conditions, la réaction sus-indiquée.

Pour cela, $5^{cm^3}$ du liquide phosphaté sont additionnés, pour les très grandes dilutions, de $0^{cm^3},1$ à $0^{cm^3},2$ (3 à 4 gouttes) ou, pour des concentrations plus élevées (supérieures à $1^g$ de $PO^4H^3$ par litre), de 8 à 10 gouttes de réactif sulfomolybdique. On agite, ajoute 1 ou 2 gouttes de réactif stanneux tout récent et agite encore.

Déjà, avec $1^{mg}$ de $PO^4H^3$ par litre, une coloration bleue très accusée s'observe; une très légère nuance bleutée est encore perceptible avec vingt fois moins de substance. Quand la teinte bleue est bien marquée, on ajoute, par gouttes, du sel d'étain, jusqu'à ce qu'elle n'augmente plus.

Un arsénio-conjugué, de mêmes propriétés, est obtenu, dans les mêmes conditions, avec l'ion arsénique. Les sensibilités des réactions phospho et arsénio-molybdéniques sont, entre elles, en raison inverse des poids atomiques de P et As.

Applications. — Elles sont fort nombreuses. Nous citerons, particulièrement :

1° Pour le phosphore, en *hydrologie* et *analyse des terres :* recherche immé-

diate et dosage colorimétrique de phosphates dans les eaux alimentaires, industrielles, minérales ou marines; dans les terres agraires et les minéraux; en *biochimie :* détermination rapide des principes phosphatés dans des quantités très minimes de produits végétaux et animaux (sang, bile, sueur, larmes, liquide céphalorachidien; calculs urinaires et intestinaux, etc.; en *chimie légale :* identification de traces de P (eau de condensation de la flamme d'hydrogène d'un appareil Blondlot et Dusart; produits de distillation des matières suspectes, après oxydation nitrique).

2° Pour l'ARSENIC : dosage colorimétrique d'enduits arsenicaux obtenus par l'appareil de Marsh et non susceptibles de pesée par suite de la faiblesse de leur masse, mais qui, après traitement par $NO^3H$, évaporation et reprise par $5^{cm^3}$ d'eau, donnent, par addition de réactif sulfomolybdique et de $Cl^2Sn$, une teinte bleue même avec une fraction de millième de milligramme d'arsenic.

3° Enfin cette réaction, convenablement invertie, peut servir à déceler soit l'étain, soit le molybdène.

*Nota.* — Par fixation probable du molybdène à l'état fluoxymolybdique, l'ion fluor atténue ou empêche même la réaction, quand sa masse est suffisante. Nous avons pu annihiler son action par l'addition préalable d'un silicate ou mieux d'acide borique, produits molybdophiles.

Tous ces points, y compris la formation de bleu phosphomolybdénique par l'action d'hydrogène naissant (point de départ de ces recherches) et d'autres réducteurs (sels chromeux, sesquichlorure de titane, etc.) continuent d'être étudiés.

## CHIMIE ANALYTIQUE. — *Action de l'eau oxygénée sur les farines.* Note de M. **Marion**, présentée par M. Lindet.

On sait que, pour rechercher la catalase dans le lait, on détermine le volume d'oxygène dégagé d'une certaine quantité d'eau oxygénée, mise en contact avec lui. Nous avons appliqué cette méthode à la farine de froment, sachant que la catalase existe dans le grain de blé, surtout dans ses parties extérieures et que la quantité de catalase varie d'une farine à l'autre; dans quelle mesure pourrait-on estimer la pureté d'une farine et même son *taux d'extraction?*

Après avoir constaté que l'acidité de l'eau oxygénée ajoutée à celle de la farine gênait le dégagement d'oxygène, nous nous sommes arrêtés, pour opérer en milieu

neutre, à l'emploi du borate de soude dont la faible alcalinité se prête bien à la neutralisation de l'acidité dans un pareil milieu. En opérant sur la farine délayée convenablement, nous ajoutons une liqueur boratée sodique titrée, devant neutraliser exactement l'acidité due à la farine et à l'eau oxygénée.

Diverses séries d'expériences nous permettent de dire que, pour avoir des résultats d'analyse comparables, il faut opérer sur une quantité constante de farine, que la richesse en oxygène du liquide total mis en action soit toujours la même, enfin que le volume du liquide mouillant la farine soit constant.

Nous avons eu des résultats très nettement différents en opérant sur des farines de diverses qualités, prélevées au même moment au moulin, pour être sûrs qu'elles provenaient du même blé, étudiées quelques jours après la mouture. Nos essais ont porté sur trois farines allant de la toute première qualité jusqu'aux farines basses servant à l'alimentation du bétail. La composition chimique de chacune d'elles était la suivante :

| | Acidité en $SO^4H^2$. | Cendres. | Matières grasses. | Débris cellulosiques. |
|---|---|---|---|---|
| N° 1 : farine *première* (p. 100)... | 0,0196 | 0,52 | 0,80 | 0,22 |
| N° 2 : farine *seconde* » ... | 0,0319 | 0,96 | 2,10 | 0,76 |
| N° 3 : farine pour bétail » ... | 0,0539 | 1,86 | 3,84 | 6,40 |

On sait que plus une farine est de qualité inférieure, ou, ce qui revient au même, plus son taux d'extraction est élevé, plus l'acidité, les matières grasses et minérales, les débris cellulosiques augmentent; c'est pourquoi notre analyse a porté spécialement sur la recherche de ces corps [1].

En limitant à 5 minutes le dégagement d'oxygène mesuré à la pression atmosphérique, nous avons eu, pour $1^g$ de farine et diverses richesses en oxygène du milieu, les résultats suivants :

| Teneur, en volume d'oxygène, du liquide total mouillant la farine. | Oxygène dégagé à la température de 15°. | | |
|---|---|---|---|
| | Farine n° 1 ($1^{gr}$). | Farine n° 2 ($1^{gr}$). | Farine n° 3 ($1^{gr}$). |
| vol | cm³ | cm³ | cm³ |
| 0,2.................. | 0,25 | 0,55 | 0,70 |
| 0,6.................. | 0,95 | 2,55 | 4,50 |
| 1,0.................. | 1,10 | 6,10 | 13,70 |
| 1,8.................. | 1,75 | 10,85 | plus de $20^{cm^3}$ |
| 2,0.................. | 1,80 | 11,70 | non dosé |

---

(1) La méthode officielle du dosage des débris dans la farine n° 3 a été en défaut, car le gluten manquant totalement de cohésion, il nous a été impossible de le séparer. Aussi avons-nous eu recours à une méthode plus compliquée, en opérant directement sur la farine dont il a fallu solubiliser l'amidon, mettre ensuite le gluten en solution pour ne recueillir finalement que la cellulose.

Nous avons adopté un liquide total de richesse en oxygène égal à $1^{cm^3}$,8 pour 100; nous avons fait des mélanges entre les deux farines n° 1 et n° 2 qui nous ont fourni les résultats suivants (ceux-ci, traduits pratiquement, donnent une courbe régulière) :

| Mélange des farines n$^{os}$ 1 et 2. | | Oxygène dégagé en 5 minutes pour 1$^g$ de farine à la température de 15°. | Débris de 1$^g$ de farine. |
|---|---|---|---|
| Farine n° 1. | Farine n° 2. | | |
| pour 100 | pour 100 | cm³ | g |
| 100 | 0 | 1,75 | 0,0022 |
| 75 | 25 | 5,95 | 0,0032 |
| 50 | 50 | 7,60 | 0,0048 |
| 25 | 75 | 10,25 | 0,0065 |
| 0 | 100 | 10,85 | 0,0076 |

D'après cela, nous voyons que la recherche de la catalase, appliquée aux farines, permet rapidement de déterminer leur degré de pureté. Si nous nous basons sur l'exemple précédent, l'écart entre les résultats extrêmes présente une échelle plus étendue dans le procédé par l'eau oxygénée que par la pesée directe des débris, puisqu'il est de $1085 - 175 = 910$ unités du deuxième ordre décimal dans le premier cas, contre $0,76 - 0,22 = 0,54$ par la recherche des débris.

Le mode de manipulation auquel nous nous sommes arrêtés est le suivant : nous employons l'uréomètre Neveu, adapté à une cloche à gaz divisée en dixièmes de centimètre cube.

Dans le tube annexe de l'appareil, sont mesurés à la pipette $4^{cm^3}$ d'eau oxygénée à $8^{vol}$ exactement titrés comme volume d'oxygène et acidité. Dans le fond de l'appareil est versé le lait de farine fait avec $2^g$ de farine et $13^{cm^3}$ d'un mélange d'eau et quantité suffisante d'eau boratée sodique pour rendre neutre le milieu, ce qui donne un volume d'oxygène égal à $1^{cm^3}$,8 au liquide total; tout l'appareil plonge dans l'eau à 15°. Une fois l'équilibre de température obtenu, on mélange l'eau oxygénée, par inclinaison de l'appareil, à la farine délayée et on laisse le dégagement d'oxygène s'opérer pendant 5 minutes, soulevant la cloche à gaz pour établir, en fin d'opération, les deux niveaux de l'eau dans le même plan, et faire la lecture du volume gazeux obtenu à la pression atmosphérique.

En résumé, par l'action de la catalase, on peut déterminer le taux d'extraction d'une farine, mieux et plus rapidement que par l'analyse chimique pratiquée ordinairement. Si l'expérience, pour une farine à 40 pour 100 d'extraction, donne un point déterminé de la courbe représentative du tableau précédent, et pour une farine basse à 90 pour 100, un autre point, les taux d'extraction compris entre 40 et 90 se répartiront sur la courbe; celle-ci permettra également de connaître dans quelles proportions les deux farines ont été mélangées.

GÉOLOGIE. — *L'Aquitanien continental dans le sud marocain.* Note de M. J. SAVORNIN.

Au cours d'une mission géologique dans le Maroc occidental, j'ai eu l'occasion de visiter, au sud-ouest de Marrakech, la région d'Imi n' Tanout qu'ont partiellement fait connaître les publications de MM. Brives (1) et Lemoine (2).

Le cours supérieur de l'oued Asseratou s'oriente S-N, puis SO-NE, à travers des schistes paléozoïques, jusqu'à Sidi bou Malek. En aval de ce point, il suit la limite inférieure du Crétacé transgressif. Puis le torrent, de nouveau S-N, traverse des gorges où l'on observe commodément une remarquable succession d'assises plongeant en moyenne de 45° au Nord.

De nombreux horizons fossilifères caractérisent respectivement : l'Hauterivien, l'Aptien, l'Albien, le Cénomanien, le Turonien, sous des faciès néritiques ou sublittoraux, avec épisodes lagunaires, comparables à ceux que l'on connaît au sud du Tell en Algérie. Les indications de A. Brives et A. Braly, relatives à la coupe de l'oued Kahira, s'appliquent rigoureusement à celle de l'Asseratou. Je n'y ajouterai que la mention de *Nérinées* dans la puissante barre turonienne, dolomitisée par places.

A la sortie des gorges, le Sénonien, dont la présence n'avait point été signalée, est représenté par plusieurs centaines de mètres de couches calcaires et marnogréseuses à *Ostracés*, où l'on peut distinguer les trois divisions si constantes en Algérie (3). La dechra Hadder est bâtie sur le Santonien ; un autre groupe de maisons, au sud du Souq et Tnin, sur le Campanien ; le principal village d'Imi n' Tanout, sur le Maëstrichtien.

C'est seulement au-dessus que débute le groupe suessonien, avec ses deux étages caractéristiques : à *phosphates* et à *Thersitées*.

Cette coupe si régulière m'a nettement rappelé celle du sud de Tocqueville (Algérie centrale). La présence d'*Hemithersitea ventricosa* Savor. accentue les analogies stratigraphiques. Enfin la similitude se complète par les couches directement superposées aux calcaires à gastropodes

(1) *Contribution à l'étude géologique de l'Atlas marocain* (*Bull. S. G. F.*, 15 mai 1905, p. 380). Voir aussi : A. BRIVES et A. BRALY, *Sur la constitution géologique de la plaine de Marrakech et du plateau de Rehamna* (*Ibid.*, 15 janvier 1906, p. 60); et A. BRIVES, *Voyages au Maroc*, 1901-1907 (Alger, in 4°, 1909, p. 522).

(2) *Mission dans le Maroc occidental* (*Bull. Comité de l'Afr. franç.*; documents, avril 1905, p. 177).

(3) Cf. J. SAVORNIN, *Étude géologique de la région du Hodna et du plateau sétifien* (*Bull. Serv. carte géol. Alg.*, 2e sér., n° 7, p. 283-285).

éocènes, où j'ai reconnu l'Aquitanien continental, tel que je l'ai longuement décrit en Algérie [1].

Il s'agit d'une puissante accumulation de conglomérats, graviers, sables et argiles, plus ou moins rubéfiés, qui s'étend depuis le petit camp d'Imi n'Tanout (au sud de Si Ali ou Isâq) jusque devant la zaouïa Hassein Si Rehal. Elle constitue des collines aux formes et aux teintes caractéristiques, s'étendant jusqu'à $10^{km}$ du Sud au Nord, et dans lesquelles le lit de l'oued Imi n'Tanout est profondément encaissé. Ses couches inférieures, parfaitement stratifiées, sont en concordance visible sur les étages marins ci-dessus énumérés.

Le pli en S photographié par P. Lemoine (*loc. cit.*) a sa boucle supérieure dessinée par le Turonien sur le flanc nord du Djebel Ourgouz (rive droite) et par le Campanien à faible distance de la rive gauche. Le Crétacé arrive au renversement; le Suessonien ne dépasse pas la verticale; l'Aquitanien, dans la boucle inférieure, n'atteint même pas un redressement si complet. Ce plissement localisé n'altère en aucune façon l'harmonie de superposition concordante de toutes les assises au niveau du thalweg.

Il semble que la formation détritique terminale ait été aperçue par MM. Brives et Lemoine : le premier la mentionne, avec quelques mètres de puissance, en la rattachant au Suessonien; le second l'attribue au Trias.

Je ne connais actuellement au Maroc, comme formation similaire, que les « conglomérats roses du Tadla » signalés par M. Russo [2] dans une situation entièrement comparable. Or, au Tadla, comme à Imi n'Tanout, le Suessonien est plissé en synclinal relativement profond. Partout ailleurs, il est franchement tabulaire et je n'y ai rencontré, sur d'immenses surfaces, aucun témoin de ces conglomérats. On peut donc imaginer que les alluvions aquitaniennes se sont localisées dans des bas-fonds d'origine tectonique, constitués sur les surfaces devenues continentales à la suite d'un mouvement aussi important en ces régions extrêmes de l'Atlas, que dans l'Algérie centrale. La seule différence dans l'évolution orogénique réside dans le fait que la transgression marine du Burdigalien n'est pas venue, au Maroc, recouvrir ces alluvions rouges et les dater avec la remarquable précision que j'ai pu noter en tant de localités algériennes.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 329-341.

(2) *Esquisse géologique du Maroc central*, au $\frac{1}{500000}$. (*Publ. Bureau topogr. du Maroc*, 2e édit., juillet 1909.) Voir aussi : P. Russo, *L'Eocène phosphaté et les couches à Turritelles du Tadla* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 121).

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de l'isthme Caucasique et ses relations avec les gisements de pétrole.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

J'ai montré dans une Note antérieure [1] la disposition festonnée des chaînes du moyen Araxe, avec arêtes de rebroussement volcanisées. D'autres observations m'ont amené à une conception d'ensemble de la structure de l'isthme Caucasique et à la notion d'une corrélation entre les rebroussements volcanisés et la distribution des faciès et des gisements de pétrole.

J'ai constaté que l'ensemble des faisceaux terminaux de l'arc Iranien septentrional forme, depuis le grand rebroussement général irano-taurique, trois couples d'arcs parallèles, poussés au SW, ménageant entre eux deux dépressions et aboutissant d'autre part à un rebroussement volcanisé en bordure de la mer Caspienne.

Chacun des arcs présente au voisinage des rebroussements des faciès néritiques, tandis que dans leur partie centrale, où se manifeste un ennoyage, les formations deviennent plus bathyales et les séries plus complètes. En outre, d'une façon générale, arcs et dépressions subissent un abaissement d'axe vers la Caspienne et tendent à s'élever vers le grand rebroussement Ararat-Alagoez-Mokrya Gory; et c'est précisément dans cette dernière direction, et en particulier dans les chaînes de l'Araxe moyen, que j'ai observé l'apparition graduelle de formations de plus en plus anciennes, triasiques d'abord, carbonifères et dévoniennes ensuite. On se rapproche donc ainsi graduellement d'un massif ancien, siège du raccordement de ces faisceaux iraniens avec les faisceaux tauriques qui, s'articulant avec eux, semblent s'être formés symétriquement à l'Occident.

Cette rencontre des arcs Iraniens et Tauriques forme l'un des plus importants et des plus puissamment volcanisés parmi les rebroussements asiatiques. Aussi l'idée se présente-t-elle qu'un contre-coup a dû se faire sentir au Nord, sur la chaîne du Caucase : et en effet l'examen de la carte y révèle la présence de volcans précisément suivant le prolongement de la bissectrice de l'angle des deux principaux rebroussements : le Kazbek correspond à l'Ararat, le massif volcanique de Chémakha au Savalan. De plus, la

---

[1] Pierre Bonnet, *Structure des chaînes entre le lac Gœktchaï et l'Araxe* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1497).

partie du Caucase comprise entre ces deux points affecte la forme d'un arc double, parallèle à ceux de la Transcaucasie et également ouvert au Nord.

L'Iran semble donc imprimer au Caucase oriental sa disposition festonnée ; et par suite le Kazbek formerait un quatrième point d'articulation dans le rebroussement général irano-taurique, les montagnes Mesques étant simplement l'aboutissant de l'arc Pontique, faisceau Taurique septen-

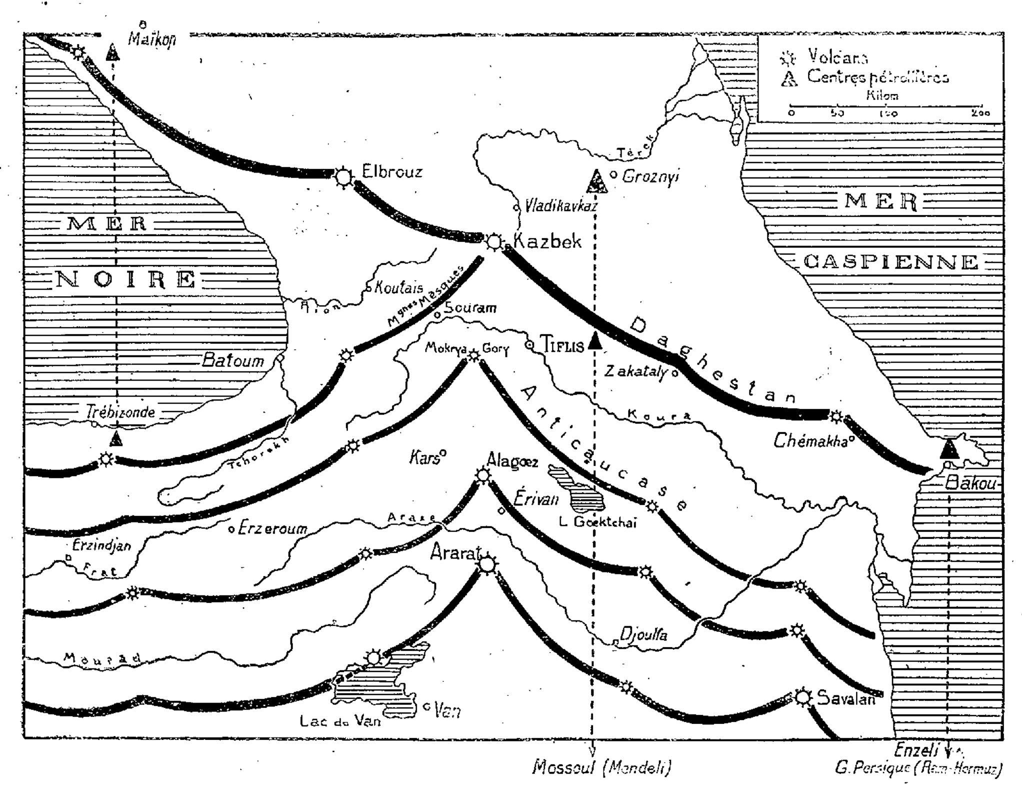



Schéma de la structure de l'isthme Caucasique ; ses relations avec les gisements de pétrole.

trional. On doit donc s'attendre à retrouver encore ici les variations de faciès que j'ai observées en Transcaucasie : et en effet, dans la région du rebroussement, les formations deviennent néritiques et les massifs anciens apparaissent, soit à partir du Daghestan vers le Kazbek, soit à partir du Pont vers les Mesques. Quant à la partie occidentale du Caucase, à l'ouest du Kazbek, elle se comporte vis-à-vis du rebroussement général comme un rameau indépendant, qui va rejoindre les chaînes de Crimée en conservant la direction NW du Daghestan et la même allure festonnée.

En résumé, *la partie centrale de l'isthme Caucasique est formée par une*

*puissante arête de rebroussement volcanisée, de direction N-S,* et *c'est précisément là que se groupent les faciès néritiques et les formations anciennes,* celles-ci particulièrement développées au voisinage de l'Ararat. De cette arête principale partent deux séries d'arcs festonnés aboutissant de part et d'autre, après un rebroussement secondaire, à deux nouvelles arêtes dirigées également à peu près N-S et qui bordent l'isthme Caucasique à l'est et à l'ouest.

Il y a donc trois lignes principales de rebroussement, et c'est précisément au voisinage de ces trois zones faibles que s'alignent les trois principaux groupes de manifestations pétrolifères : Maïkop-Touapsé-Trébizonde, Groznyi-Kakhétie, Bakou-Recht.

Les gisements sont en outre cantonnés dans les chaînes néogènes, lesquelles sont particulièrement développées sur le versant nord du Caucase, et ils disparaissent totalement dans la partie centrale du seuil néritique ainsi qu'à l'approche du noyau paléozoïque de l'Ararat, où l'on ne trouve que quelques cuvettes néogènes exclusivement lagunaires.

*Les gisements de pétrole de l'isthme Caucasique semblent donc être en relation avec deux conditions tectoniques : présence de chaînes néogènes, et proximité de rebroussements volcanisés.* Leur importance est en raison de celle du rebroussement qui les avoisine : ainsi est-ce le groupe Groznyi, le plus proche du rebroussement principal, qui se trouve le plus productif; Bakou, voisin du rebroussement caspien, vient ensuite, puis Maïkop, près du rebroussement le moins volcanisé.

Les conditions se montrent de nouveau réalisées au sud de l'isthme, dans la Mésopotamie et la Perse occidentale, où les deux principaux rebroussements des arcs Irano-Lauriques méridionaux, le Sindjar correspondant au Kazbek, et l'Elvend au volcan de Chemakha, s'accompagnent d'une bordure de chaînes néogènes. Et c'est à ces deux rebroussements que sont subordonnés le groupe pétrolifère du golfe Persique, correspondant à celui de Bakou, et correspondant à celui de Groznyi, le groupe de la région de Mossoul.

## PALÉONTOLOGIE. — *Sur la phylogénie de l'*Elephas meridionalis.

Note de M. **Sabba Stefanescu**.

J'ai étudié comparativement les collines des molaires de *Mastodon arvernensis* et les lames des molaires d'*Elephas meridionalis* au point de vue de la

différenciation de leurs tubercules congénères; et j'ai constaté que les lames d'*Elephas meridionalis* sont des collines de *Mastodon arvernensis* différenciées régressivement; par conséquent, sans conclure prématurément à la phylogénie directe de ces deux espèces, je puis affirmer que l'ELEPHAS MERIDIONALIS *est un éléphant bunolophodonte caractérisé par des lames à tubercules congénères alternes, et que ses ancêtres sont issus directement du groupe des mastodontes bunolophodontes à collines formées de tubercules congénères alternes, tels que* MASTODON ARVERNENSIS, SIVALENSIS, LONGIROSTRIS. Cette affirmation est basée sur les faits suivants :

I. Chaque colline des molaires inférieures de gauche de *Mastodon arvernensis* est formée de deux tubercules congénères diversement différenciés, l'un externe en trèfle ($T_{tr}$), l'autre interne en crête ($T_{cr}$). Les collines de gauche sont symétriques à celles de droite.

*a*. Aux deux tubercules congénères de la colline correspondent deux alvéoles congénères, situées sur la face radicale de la couronne et séparées par un mur mitoyen moins saillant que les autres parties de leurs bords, ce qui signifie que les deux tubercules de la colline de *Mastodon arvernensis* sont fusionnés à leurs bases, exactement comme le sont les deux tubercules de la lame d'*Elephas meridionalis*.

*b*. Toutes les fois que les tubercules sont ramifiés, il y a à l'intérieur des alvéoles des enfoncements qui correspondent aux ramifications. Pour désigner ces ramifications, j'emploie la notation : *e*, *a*, *p*, *m*, ce qui veut dire : *lobe externe*, *antérieur*, *postérieur*, *médian*.

*c*. Le $T_{tr}$ peut être non ramifié (*e*), ou ramifié en forme de V couché (< ou >) à branches égales ou inégales (*e*, *a*, *p*), ou réduit à une seule branche : postérieure (*e*, *p*), s'il s'agit des molaires inférieures; antérieure (*e*, *a*), s'il s'agit des molaires supérieures. Les *a*, *p* sont les ramifications du *e*. Le *e*, c'est-à-dire la pointe du V, est tourné vers l'extérieur de la molaire.

Le $T_{cr}$ peut être non ramifié (*e*), ou ramifié en forme de L couché (|__ ou ‾‾| ) complet (*e*, *ma* ou *e*, *mp*), suivant qu'il s'agit des molaires inférieures ou supérieures, ou réduit à la seule branche horizontale (*e*, *m*). Les *a*, *p* sont les ramifications du *m*. La notation *ma*, *mp* veut dire que les *a*, *p* n'ont pas une grande importance. Le *e* du L couché est tourné vers l'extérieur de la molaire.

*d*. Schématiquement, les collines de gauche et de droite de *Mastodon arvernensis* à leur maximum de complication ou de différenciation progressive peuvent être représentées de cette façon <— |__ __| —>, s'il s'agit

des molaires inférieures, et d'une façon inverse —┐ ⋝ ⋜ ┌—, s'il s'agit des molaires supérieures. A leur maximum de simplification ou de différenciation régressive, ces mêmes collines ne peuvent plus être représentées que par la branche postérieure (*e*, *p*) ou antérieure (*e*, *a*) du $T_{tr}$, suivant qu'il s'agit des molaires inférieures ou supérieures, et par la branche horizontale (*e*, *m*) du $T_{cr}$, *c'est-à-dire exactement comme les lames d'*ELEPHAS MERIDIONALIS.

II. Le passage de la colline la plus compliquée de *Mastodon arvernensis* à a colline la plus simplifiée de cette même espèce, et finalement à la lame d'*Elephas meridionalis*, s'opère : 1° par le développement en hauteur des *a*, *p*, *m*, par rapport aux *e* des tubercules, et 2° par la réduction complète du *a* ou *p* du $T_{tr}$, suivant qu'il s'agit des molaires inférieures ou supérieures, et des *a* et *p* du $T_{cr}$.

*a*. Les *a*, *p* du $T_{tr}$ et les *ma*, *mp* du $T_{cr}$ s'élèvent de la base du *e*. A leur tour, chacun de ces lobes peut être non ramifié ou ramifié, de sorte que chacun des tubercules peut en avoir plusieurs ramifications sorties les unes des autres à des niveaux de plus en plus hauts, et disposées de manière à réaliser de plus en plus la forme et l'aspect de la lame.

*b*. Les *a*, *p*, *m* des tubercules congénères de la colline de *Mastodon arvernensis* sont moins hauts que les *e* des même tubercules, ce qui fait que le bord triturateur de la colline est concave; l'inverse a lieu chez la lame d'*Elephas meridionalis*.

III. L'alternance des tubercules congénères des collines de *Mastodon arvernensis* est provoquée par la disposition de leurs *a*, *p*, *m*.

Chez les molaires inférieures, le *a* du $T_{tr}$ se met en contact avec le *ma* de son congénère $T_{cr}$, tandis que le *p* du $T_{tr}$, projeté en arrière, se met en contact avec le *ma* du $T_{cr}$ de la colline voisine d'en arrière.

Chez les molaires supérieures, le *p* du $T_{tr}$ se met en contact avec le *mp* de son congénère $T_{cr}$, tandis que le *a* du $T_{tr}$, projeté en avant, se met en contact avec le *mp* du $T_{cr}$ de la colline d'en avant.

L'effet immédiat de cette disposition des lobes des tubercules congénères est la formation de *fausses collines*, qui renforcent la résistance de la couronne.

*a*. Si le *a* du $T_{tr}$ des molaires inférieures ou le *p* du $T_{tr}$ des molaires supérieures se réduit complètement par différenciation régressive, et si les *a*, *p* du $T_{cr}$ se réduisent de même aussi par la même action, comme cela a lieu quelquefois chez les collines de *Mastodon arvernensis* et toujours chez les lames d'*Elephas meridionalis*, alors le *e* du $T_{tr}$ se met en contact avec le *m* de

son congénère $T_{cr}$, et les deux tubercules de la colline ou de la lame paraissent alterner. Cette alternance est accentuée encore par la croissance inégale des bords interne et externe de la molaire.

Chez les molaires inférieures, le bord interne occupé par les $T_{cr}$ croît plus rapidement que le bord externe occupé par les $T_{tr}$, dont le $p$ est projeté en arrière, ce qui fait que les $T_{cr}$ paraissent devancer les $T_{tr}$ et alterner avec eux. Inversement, chez les molaires supérieures, le bord externe occupé par les $T_{cr}$ croît plus rapidement que le bord interne occupé par les $T_{tr}$, dont le $a$ est projeté en avant, ce qui fait que les $T_{tr}$ paraissent devancer les $T_{cr}$ et alterner avec eux.

IV. La section transversale des collines de *Mastodon arvernensis* et des lames d'*Elephas meridionalis* est losangique, mais les deux angles de la petite diagonale n'appartiennent pas au même tubercule.

Chez les molaires inférieures, l'angle postérieur est formé par le $p$ du $T_{tr}$, tandis que l'angle antérieur est formé par le $m$ du $T_{cr}$. Chez les molaires supérieures, l'angle antérieur est formé par le $a$ du $T_{tr}$, tandis que l'angle postérieur est formé par le $m$ du $T_{cr}$.

MÉTÉOROLOGIE. — *Le spectre et la théorie du rayon vert.*
Note de MM. A. **Danjon** et G. **Rougier**, présentée par M. B. Baillaud.

Le rayon vert est un phénomène d'optique atmosphérique qui s'observe dans certaines conditions au lever et au coucher du Soleil. Dans ce dernier cas, une ou deux secondes avant de s'évanouir définitivement, le segment solaire encore sur l'horizon prend une coloration verte, mais qui parfois tire plus ou moins sur le bleu. La coloration ne saurait être attribuée à un effet physiologique de contraste, car les mêmes apparences s'observent dans l'ordre inverse au lever du Soleil (de Maubeuge, Julius, etc.).

On a donné beaucoup d'explications du rayon vert, mais on peut n'en retenir que deux. La plupart des savants qui ont abordé la question soutiennent la théorie de la dispersion normale (Thollon, Ekama, Ch.-Ed. Guillaume, etc.). L'atmosphère terrestre absorbe sous une grande épaisseur le violet et le bleu. La dispersion atmosphérique donnant un spectre étalé verticalement, c'est le vert qui en occupe l'extrémité supérieure et qui doit disparaître le dernier.

La seconde théorie a recours à la dispersion anomale. Objectant à la précédente qu'elle conduit à des durées trop courtes pour le phénomène,

Julius suppose que le rayon vert est dû à la lumière dispersée de façon anomale au voisinage des raies telluriques du spectre solaire.

L'étude du spectre du rayon vert peut seule trancher la question. Une remarque, faite par l'un de nous dès 1913, nous a permis de l'entreprendre aisément. En effet, le rayon vert ne se limite pas au phénomène très court visible à l'œil nu; dans les cas favorables à sa production, on peut voir à la lunette, pendant les 10 dernières minutes, une frange verte entourant la moitié supérieure du disque solaire.

Cette frange est souvent hérissée de flammèches de même couleur qui semblent glisser jusqu'au point le plus haut, à mesure que le Soleil s'abaisse; elles se détachent parfois de la frange et restent isolées pendant quelques secondes avant de s'éteindre. De son côté, le bord inférieur est entouré d'une frange rouge sombre, et tout se passe comme si le Soleil était formé de deux disques à peu près monochromatiques, rouge et vert, le second décalé vers le haut par la dispersion atmosphérique. Le rayon vert apparaît à l'œil nu dès que le disque rouge est couché, il dure tant que la frange verte ne l'est pas encore, mais on peut l'étudier à la lunette et photographier son spectre plusieurs minutes avant cet instant.

Nous avons monté, sur un support spécial mobile en hauteur et en azimut, un spectrographe très lumineux et un objectif projetant l'image du Soleil sur la fente. Celle-ci est disposée horizontalement et il est facile de la maintenir tangente au disque, de manière à n'admettre dans l'appareil que la lumière de l'une des franges, la rouge ou la verte. Tous nos clichés portent les spectres des deux franges, c'est-à-dire le spectre du rayon vert et celui du phénomène du bord inférieur, et aussi, comme spectre de comparaison, celui du centre du disque solaire; on s'est efforcé de prendre les trois poses à la même hauteur sur l'horizon et le plus bas possible. La distance focale de la chambre est de $50^{cm}$; celle de l'objectif de projection, de $52^{cm}$. Le prisme est en flint très dispersif, quoique transparent, d'indice 1,75. Deux minutes de pose sur plaques Wratten suffisent pour obtenir un spectre intense des franges.

Les résultats qui seront donnés dans un Mémoire plus détaillé sont nettement en faveur de la théorie de la dispersion normale. Le spectre du rayon vert ne diffère de celui du Soleil couchant que par la suppression du rouge, séparé par la dispersion atmosphérique; inversement, la frange du bord inférieur ne comprend que le rouge extrême, pour la même raison. Il est impossible de déceler l'intervention de la dispersion anomale, bien que les raies telluriques soient nombreuses et nettes sur nos clichés; l'aspect de ces raies est identiquement le même sur le spectre du rayon vert et sur le spectre de comparaison.

La question est donc tranchée, mais il reste à lever l'objection de Julius. La durée très variable du rayon vert, dépasse parfois deux secondes, tandis que le calcul, basé sur la valeur de la dispersion de l'air, conduit au plus à quelques dixièmes. Mais ce calcul fait abstraction de nombreux phénomènes accessoires susceptibles d'en altérer le résultat. Il existe des fluctuations notables d'indice le long des rayons lumineux comme le montrent les irrégularités apparentes du bord solaire à l'horizon, irrégularités qui ne sont pas forcément les mêmes pour les rayons de différentes couleurs issus d'un même point du Soleil et arrivant à l'œil, puisque ces rayons suivent des trajets distincts. On voit, par exemple, que la frange verte aura une largeur anormale, si l'obstacle derrière lequel disparaît le Soleil est surmonté d'une couche d'air dont l'indice commence par croître quand on s'élève : la réfraction astronomique décroît alors avec la hauteur du Soleil, et celui-ci prend au dernier moment une certaine accélération. Mais cet effet se produit d'abord sur les rayons rouges qui entrent les premiers dans la couche inversée. Il en résulte un élargissement momentané de la frange verte, et le changement de couleur des derniers rayons est en avance par rapport à la théorie, bien que l'intervalle entre le coucher des diverses couleurs ne soit pas modifié. Le rayon vert apparaît alors à une hauteur plus grande, présente plus d'éclat, et dure plus longtemps que ne le suppose le calcul sommaire. Cette explication n'est pas purement hypothétique, elle rend compte de certaines particularités remarquées à la lunette au moment où apparaît le rayon vert. Une étude cinématographique du coucher du Soleil serait utile pour compléter notre travail sur ce point.

Une dernière question : Pourquoi la frange verte est-elle si nettement tranchée, sans continuité de couleur avec le reste du disque? Ici, c'est l'absorption qui intervient. Le spectre du Soleil couchant est rendu discontinu par les bandes de Brewster, qui sont alors très larges et très sombres. La bande de la pluie supprime entièrement l'orangé ; le jaune est réduit à une bande très lumineuse mais très étroite, il est séparé du vert par les bandes $\alpha'$ et $\delta$. Le jaune représente au total peu de lumière, de sorte que le spectre est pratiquement réduit à une région rouge et à une région verte. Ainsi se justifie l'analogie posée au début, avec un Soleil comprenant seulement deux radiations quasi monochromatiques, que la dispersion atmosphérique sépare alors nettement. On vérifie d'ailleurs que le rayon vert est plus facile à observer quand les bandes de Brewster sont plus intenses.

La frange est parfois bleuâtre, parfois franchement bleue (Thollon à Nice). Ces variations suivent celles de la diffusion de la lumière par l'air et ses poussières, diffusion qui intéresse surtout les courtes longueurs d'onde. L'horizon étant très laiteux, il nous est arrivé d'observer la disparition de tout le spectre à l'exception du rouge. Le rayon vert était bien entendu inobservable.

Au bord de la mer, les conditions favorables à l'observation sont plus facilement rassemblées. Mais la mer n'est pas nécessaire comme on l'a cru

longtemps. Nous avons vu souvent le rayon vert en Champagne depuis 1914, et le présent travail a été exécuté sur la plate-forme de la cathédrale de Strasbourg, à l'époque (été 1920) où le soleil se couche derrière la trouée de Saverne.

PHARMACODYNAMIE. — *La mesure du pouvoir lacrymogène des substances irritantes par la méthode du seuil.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Jacques-Ch. Bongrand**, présentée par M. Charles Moureu.

Une substance est dite lacrymogène quand, répandue dans l'atmosphère à l'état de vapeur ou de fines particules, elle exerce sur l'appareil oculaire une action irritante se traduisant par un larmoiement plus ou moins intense.

Avant que les Allemands, en violation des conventions internationales, eussent utilisé des substances nocives sur les champs de bataille, nul, à notre connaissance, n'avait songé à soumettre à des mesures le pouvoir lacrymogène. La présente méthode fut établie en 1915-1916; elle a été appliquée avec succès jusqu'à la fin de la guerre dans les laboratoires de l'Entente [2].

A. *Principe de la méthode.* — La méthode de mesure que nous avons mise au point consiste à comparer l'activité d'une substance avec celle d'une autre substance considérée comme étalon.

*a. Définition du pouvoir lacrymogène.* — Nous avons choisi comme étalon le bromure de benzyle chimiquement pur. Il suffit de rechercher à quelles concentrations dans l'atmosphère le bromure de benzyle et la substance étudiée donnent la même sensation sur les organes oculaires; la puissance agressive, ou pouvoir lacrymogène, est en raison inverse des concentrations ainsi déterminées. Si le pouvoir lacrymogène du bromure de benzyle est, par définition, côté 1, celui de la substance étudiée sera obtenu par le quotient des deux concentrations équivalentes, en mettant en numérateur le chiffre correspondant au bromure de benzyle. Ainsi, pour des concentrations équivalentes $C_1$ en bromure de benzyle et $C_2$ en substance inconnue, le pouvoir lacrymogène de cette dernière sera $\frac{C_1}{C_2}$ par rapport au bromure de benzyle.

*b. La comparaison des sensations.* — Pour obtenir le maximum de précision nous

---

[1] Séance du 11 octobre 1920.

[2] Le principe en fut établi en collaboration avec M. le lieutenant Bongrand. Ce dernier ayant été tué peu après sur le front de Lorraine, j'ai dû poursuivre seul les expériences qui ont permis de donner à la méthode sa forme définitive. [Ch. D.]

nous sommes placés aux environs du seuil de l'excitation, d'où le nom de la méthode. Nous désignons sous le nom de « concentration de seuil », la concentration la plus faible en produit agressif que les organes puissent déceler.

Aux environs de la « concentration de seuil », les sensations ne sont pas instantanées. Nos expériences ont établi les trois points suivants : 1° il s'écoule un certain laps de temps entre le moment où les yeux viennent au contact de l'atmosphère agressive et le moment où apparaît la première sensation caractéristique; 2° cet intervalle de temps est d'autant plus court que la concentration est plus grande; 3° la durée la plus favorable pour une observation est de 30 secondes.

On considérera donc comme équivalentes les concentrations en produits agressifs qui donneront, toutes choses égales d'ailleurs, la première sensation en un laps de temps voisin de 30 secondes.

B. *Valeur objective des mesures.* — Deux causes d'incertitude peuvent être invoquées *a priori* contre ces mesures : d'une part, la sensibilité d'un même observateur peut varier d'un moment à l'autre, et, d'autre part, les sensibilités de deux observateurs sont rarement identiques.

*a.* Les variations de sensibilité d'un même observateur ne sont pas soudaines; et, si l'on s'entoure de quelques précautions, on peut effectuer une série d'essais dans des conditions de sensibilité pratiquement invariables. La méthode du seuil a précisément pour avantage de ne pas modifier notablement l'état des organes oculaires durant la série des déterminations; elle permet, en outre, de vérifier à tout moment que la sensibilité du sujet n'a pas varié au cours des expériences. Cette vérification s'impose, du reste, à la fin de chaque mesure.

Nous ajouterons que si la sensibilité d'un sujet peut subir des fluctuations importantes, par contre, et nos données sont très affirmatives sur ce point, le rapport des sensibilités pour les diverses substances reste pratiquement invariable ; en un mot, le rapport $\frac{C_1}{C_2}$ qui définit le pouvoir lacrymogène ne dépend pas des dispositions de l'observateur.

*b.* Les différences de sensibilité de deux observateurs peuvent varier dans des limites étendues, mais, même dans ce cas, les divers observateurs retrouvent la même valeur pour $\frac{C_1}{C_2}$, dans les limites de précision de ce genre de mesure.

Nous pouvons donc conclure que ces mesures ont une réelle valeur objective.

C. *Précision des mesures.* — En se plaçant dans les conditions indiquées et en prenant les précautions requises, on peut distinguer avec certitude deux concentrations du même produit différant entre elles de $\frac{1}{4}$. Ainsi donc, si l'on essaie diverses concentrations du même produit différant entre elles de $\frac{1}{4}$, on voit que l'on arrivera à trouver, pour la concentration optima définie plus haut (première sensation obtenue au bout de 30 secondes), deux valeurs : l'une approchée par excès, l'autre approchée par défaut, et différant entre elles de $\frac{1}{4}$ seulement. En prenant la moyenne des deux valeurs ainsi trouvées, on obtiendra pour la concentration optima une valeur approchée à $\frac{1}{8}$. Le pouvoir lacrymogène étant donné par le quotient de deux concentrations équivalentes, exactes chacune à $\frac{1}{8}$ près, l'approximation de cette grandeur sera voisine de $\frac{1}{4}$.

Cette précision est très suffisante pour toutes les applications. De nombreuses expériences de vérification ont confirmé l'exactitude de ce calcul de l'approximation.

D. *Résultats.* — Voici les résultats des mesures effectuées sur les principales substances lacrymogènes utilisées par les armées belligérantes :

| | |
|---|---|
| Iodure de benzyle | 2 |
| Bromacétone | 1,8 |
| Bromure de benzyle | 1 |
| Oxyde de méthyle dibromé symétrique | $\frac{1}{4}$ |
| Chloropicrine | $\frac{1}{6}$ |
| Chloracétone | $\frac{1}{8}$ |
| Acroléine | $\frac{1}{10}$ |

En dehors des emplois militaires, qui, nous le souhaitons, ne se reproduiront plus, notre méthode de mesure permettra dans certains cas, à un point de vue purement chimique, de faciliter la caractérisation des substances douées du pouvoir lacrymogène, et même d'en fournir un titrage grossier dans certains mélanges complexes.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'action des radiations de différentes longueurs d'onde sur l'assimilation chlorophyllienne.* Note de M. **René Wurmser**, présentée par M. F. Henneguy.

Si tous les expérimentateurs sont d'accord pour reconnaître chez une plante verte exposée au soleil un maximum d'assimilation au voisinage de $680^{m\mu}$, l'existence d'un second maximum, trouvé par Engelmann vers $480^{m\mu}$, est toujours discutée. D'autre part, pour déterminer l'efficacité relative des différentes radiations, il faut tenir compte de leur intensité dans la source employée : Prillieux, dès 1869, avait bien posé le problème, mais sa méthode de mesure de l'énergie lumineuse était inexacte; Kniep et Minder (1909) ont bien employé la méthode thermoélectrique mais, dans leurs expériences, c'est la mesure de l'assimilation qui est insuffisante. Enfin, pour chercher une relation entre la réduction de $CO^2$ et l'absorption de la chlorophylle, il fallait déterminer directement l'énergie absorbée par le pigment dans les leucites.

J'ai repris la question en ayant recours à une nouvelle méthode de mesure de l'assimilation dont le principe a été trouvé par Loeb et Osterhout. Elle consiste à suivre, au moyen d'un indicateur (phénolphtaléine), l'augmentation d'alcalinité de l'eau de mer en présence d'Algues exposées à la lumière. Les expériences ont été effectuées à Roscoff, sur deux espèces déterminées par M. Sauvageau : une Algue verte, *Ulva lactuca*, et une Algue rouge *Rhodymenia palmata*. L'exposition avait lieu à la lumière diffuse, à travers trois écrans précédemment décrits ([1]). Pour déterminer les intensités incidentes, j'ai comparé au spectrophotomètre les vitesses de destruction d'une solution acétique de chlorophylle ([2]). Enfin, je me suis assuré au préalable que l'accélération de la respiration sous l'influence des radiations bleues était négligeable. Avec M. Vlès, nous avons déterminé l'absorption de la chlorophylle en comparant au spectrophotomètre un thalle d'Ulve normal à un thalle décoloré par exposition au soleil.

Voici le résultat d'une expérience prise parmi sept autres tout à fait concordantes :

---

([1]) René Wurmser, *Action sur la chlorophylle des radiations de différentes longueurs d'onde* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1610).

([2]) *Loc. cit.*

| | Lumière rouge ($\lambda > 580^{m\mu}$). | Lumière verte (580-460). | Lumière bleue ($\lambda < 460$). |
|---|---|---|---|
| Vitesse d'assimilation | 100 | 24 | 80 |
| Énergie incidente | 100 | 50 | 80 |
| » absorbée | 100 | 7 | 48 |
| Vitesse : énergie incidente | 1,00 | 0,48 | 1,00 |
| » énergie absorbée | 1,00 | 3,43 | 1,66 |

Ce Tableau montre l'existence de deux maxima de l'assimilation chez les Algues vertes exposées à la lumière du jour. A énergie absorbée égale, les radiations bleues sont plus actives que les rouges (1,66 fois au moins puisque, dans le calcul, l'absorption des lipochromes a été négligée). Il est surtout remarquable que le rendement soit le plus élevé (3,43) dans la région de moindre absorption. Or on est fondé ([1]) à penser que l'oxygène produit par l'assimilation ne se dégage pas au contact des grains de chlorophylle, qui seraient sans cela très rapidement détruits. Pour d'autres raisons encore ([2]), il semble que le protoplasme soit l'élément actif de la réduction de $CO^2$. La vitesse de l'assimilation doit donc être d'autant plus grande que, pour une même quantité d'énergie absorbée, la masse active du protoplasme est plus grande : ce qui a lieu dans les régions où une couche relativement épaisse est nécessaire pour absorber cette énergie.

Les expériences faites avec *Rhodymenia palmata* montrent que cette Algue rouge assimile plus énergiquement encore dans la région verte, comme le prouvent les chiffres suivants, se rapportant à des conditions identiques pour les deux Algues :

| | Lumière rouge. | Lumière verte. | Lumière bleue. |
|---|---|---|---|
| *Ulva lactuca* | 100 | 24 | 80 |
| *Rhodymenia palmata* | 100 | 50 | 18 |

On retrouve ici, mis en évidence chimiquement, ce qu'avait signalé Engelmann : le déplacement du premier maximum et la disparition du second. On sait ([3]) que les Algues rouges se rencontrent dans les points fai-

([1]) René Wormser, *Action de la lumière sur la chlorophylle colloïdale en présence de stabilisateurs* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 83, 1920, p. 437).

([2]) Ces raisons ont été exposées par F.-F. Blackmann (*Soc. Roy. Lond.*, 4 mars 1920).

([3]) C. Sauvageau, *Utilisation des Algues marines*.

blement éclairés. Il y a donc une analogie évidente entre le rôle physiologique de la phycoérythrine et celui du pourpre rétinien, agent de la vision crépusculaire et qui détermine le déplacement vers le bleu de la sensibilité rétinienne. Le pigment rouge des Algues sensibilise vraisemblablement le protoplasme et permet l'assimilation aux faibles intensités lumineuses.

ZOOLOGIE. — *Observations physiologiques sur* Convoluta roscoffensis. Note de M. **Louis Destouches**, présentée par M. Edmond Perrier.

*Hypertonie en relation avec la température.* — Il nous importait de connaître :

1° Le degré de résistance exact des *Convoluta* à l'hypertonie;

2° Si cette résistance, en relation avec la pression osmotique, était accentuée à basse température.

Nous nous sommes servis d'une solution de NaCl à 20 pour 100 que nous avons ajoutée à l'eau de mer pure dans des proportions croissantes de 2 à 30 pour 100. Les résultats furent identiques à l'ombre et à la lumière. Les *Convoluta* vivent normalement dans les solutions hypertoniques contenant jusqu'à 12 pour 100 de NaCl à 20 pour 100, mais toutes sont mortes à partir de 12 pour 100. La mort survint au bout d'un certain nombre d'heures, variable suivant la concentration, mais toujours moins rapidement à 4° C. qu'à plus haute température : 18° C., comme le montre le Tableau ci-dessous :

| | Pour 100. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12. | 15. | 17. | 20. | 25. | 30. |
| 18° C. (heures)...... | 120 | 100 | 48 | 40 | 28 | 20 |
| 4° C. » ...... | 140 | 104 | 67 | 60 | 48 | 45 |

*Hypotonie.* — De nombreux observateurs ont noté que les *Convoluta* résistaient à une forte hypotonie. Elles vivent environ trois jours dans une solution contenant 75 pour 100 d'eau douce et 25 pour 100 d'eau de mer. Nous avons voulu acclimater graduellement les *Convoluta* à la même hypertonie pendant un temps plus long. Nous avons essayé tout d'abord de les faire passer dans des éprouvettes de plus en plus hypertoniques, et ceci par intervalles réguliers. Mais, par ce moyen, nous n'avons obtenu aucun résultat notable. Par contre, nous avons réussi à augmenter la résistance de certains

lots de *Convoluta* à l'hypotonie par la technique suivante : Chaque jour nous enlevions, dans l'éprouvette, une ou plusieurs gouttes d'eau de mer pure que nous remplacions par de l'eau douce. L'attitude actuelle des Vers nous fixait sur leur degré de résistance momentanée à l'hypotonie. Cette résistance nous paraissait s'installer par sauts brusques. C'est ainsi qu'il nous fallait parfois remettre, le soir, quelques gouttes d'eau de mer enlevées le matin parce que les Vers étaient très ralentis dans leurs mouvements. Cependant que le lendemain nous pouvions, sans dommage, accentuer à nouveau l'hypotonie. Certains lots vécurent 22 jours dans 75 pour 100 d'eau de mer et 25 pour 100 d'eau douce.

*Assimilation de l'acide urique.* — Nous avions remarqué que les *Convoluta* étaient peu sensibles à l'acide urique. Elles vivent 10 jours dans un bocal sursaturé de ce corps. Elles séjournent sur un épais sédiment de cet acide et ne paraissent nullement ralenties. Si l'on vient à heurter les parois du bocal elles se cachent dans ce dépôt comme elles ont coutume de fuir dans le sable des plages où elles séjournent. Nous avons pensé qu'elles assimilaient peut-être cet acide, et nous avons institué les expériences suivantes :

Six bocaux disposés en trois séries pour les expositions suivantes : au soleil, à l'ombre et dans l'obscurité.

Dans chaque série de deux bocaux, l'un contenant $100^{cm^3}$ d'eau de mer pure et l'autre $100^{cm^3}$ d'eau de mer pure plus $6^{mg}$ d'acide urique (limite de saturation). Puis, dans chaque bocal, nous avons versé une égale quantité de *Convoluta* vivantes, soit $6^{cm^3}$, entassées dans une éprouvette graduée. D'autre part, nous avons opéré des dosages préalables d'acide urique dans l'eau de mer, en modifiant légèrement la méthode de Folin-Schaffer. Nous avons choisi ce dernier procédé parce qu'il a l'avantage d'être possible dans ce milieu complexe qu'est l'eau de mer, parce qu'il permet de retrouver des doses minimes d'acide urique et surtout que les résultats qu'on obtient sont constants si l'on se sert de solutions et de quantités strictement identiques.

Pour $100^{cm^3}$ d'eau de mer pure ou plus $6^{cm^3}$ d'acide urique, nous avions adopté les quantités suivantes :

| | cm³ |
|---|---|
| Solution acétate urane, plus acide acétique à $\frac{1}{10}$ . . . . | 25 |
| Solution sulfate d'ammoniaque . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 25 |
| Ammoniaque pur . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5 |
| Acide sulfurique . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 15 |

Dans ces conditions :

100$^{cm^3}$ d'eau de mer pure absorbent 4$^{cm^3}$ de la solution $MNO^4K$ au $\frac{1}{20}$ et 100$^{cm^3}$ d'eau de mer pure, plus 6$^{mg}$ d'acide urique, absorbent 6$^{cm^3}$ de la même solution.

Pendant plusieurs jours, nous avons dosé, après 12 heures d'exposition, l'eau des différents bocaux où avaient séjourné les six lots de *Convoluta*, et toujours nous avons remarqué la disparition totale de l'acide urique dans les bocaux préalablement saturés. Jamais nous n'avons trouvé cette substance dans les bocaux d'eau de mer pure. Les recherches objectives de cristaux d'urate d'ammoniaque furent également négatives. Nous pensons donc qu'il y a bien assimilation d'acide urique par les zoochlorelles des *Convoluta* et qu'il n'y a pas excrétion de cet acide dans le liquide ambiant. Ces résultats sont conformes à la structure du Ver au stade adulte : absence de tube digestif et de cellules excrétrices. D'après les travaux de Molliard, nous savons que l'acide urique est la meilleure source d'azote pour le radis et que le rendement nutritif de l'urate de sodium est nettement supérieur à celui qu'on obtient avec le nitrate de sodium (1). Il est donc très probable que les échanges symbiotiques des *Convoluta* aboutissent à la transformation de l'acide urique en aliment azoté pour les zoochlorelles. Nos expériences ont duré 6 jours au soleil et à l'ombre, avec des résultats identiques. Par contre, tous nos *Convoluta* sont mortes en 24 heures dans l'obscurité, tant dans l'eau de mer pure qu'avec l'acide urique.

EMBRYOGÉNIE. — *Développement larvaire de* Cœloplana gonoctena (Krempf). *Stade Cydippe. Transformations.* Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'abondant matériel de *C. gonoctena* que j'ai eu à ma disposition sur la côte d'Annam pendant l'été et l'automne de 1916, m'a permis d'aborder l'étude de son développement et de constater que cette espèce présentait un stade Cydippe comme le Platycténide décrit par Mortensen en 1912. Tout récemment Taku Komai 1920 vient de faire connaître le développement d'une *Cœloplana* japonaise nouvelle, *C. Bocki*, qu'il a découverte en 1918. L'embryogénie de cette dernière forme est identique, dans ses grandes

(1) *Société botanique de France*, 1910.

lignes, à celle que j'ai pu étudier sur l'espèce de la mer de Chine dont j'ai décrit dans mes Notes précédentes (¹) les principales particularités d'organisation. Je résume ici le résultat de mes observations.

Les œufs protégés par une coque sphérique résistante et transparente sont émis par un mécanisme que je n'ai pu définir. Ils se transforment rapidement en un minuscule embryon qui présente tous les traits d'organisation caractéristiques d'un Cydippe : 8 rangées de palettes accouplées 2 à 2; deux tentacules rudimentaires; un organe aboral pourvu de deux massifs antagonistes de granulations otolithiques réparties à l'intérieur de la cupule sensorielle, ciliée suivant deux foyers orientés dans le plan tentaculaire; enfin à l'opposé de l'organe aboral, un large orifice en forme de fente dont il importe maintenant d'établir la signification par une étude attentive.

L'idée la plus simple et la plus naturelle que l'on puisse s'en faire est qu'il représente la bouche du Cydippe et du Cténophore adulte (Mortensen, Taku Komai). Un fait frappera cependant tous les observateurs : la fente buccale des Cténophores est disposée suivant un plan perpendiculaire au plan tentaculaire : or l'orifice que les larves de *C. gonoctena*, comme celles de *Tjalfiella tristoma* (Mortensen) et de *C. Bocki* présentent à leur pôle oral, est fendu suivant le plan tentaculaire lui-même. Un examen attentif de l'embryon montre que cette longue fente n'est pas la bouche, pas plus que la cavité dans laquelle elle donne accès ne constitue le pharynx. Il s'agit de formations qui ont leur équivalent mal développé et à peine perceptible chez les Cténophores adultes du type Cydippien, mais qui se trouvent, par contre, hautement caractéristiques de l'organisation de tous les Cnidaires : elles ont pour homologue dans l'ensemble du groupe des Cœlentérés, une structure ectodermique très primitive, connue chez les Méduses craspédotes sous le nom de *noyau médusaire* et chez les Anthozoaires sous celui d'*invagination* ou de *bourgeon stomodéal*. Chez *C. gonoctena*, de même que chez les Anthozoaires, elles équivalent, non pas comme on l'a cru jusqu'ici, à la bouche et au pharynx de l'adulte, mais à son disque tentaculaire, organe tout à fait extérieur à l'appareil digestif, morphologiquement comparable à la sous-ombrelle des Méduses. C'est aux dépens de cette cavité, que, par écartement latéral des deux lèvres de son orifice en fente et par étalement de ces lèvres dans un plan, se constituera la large surface orale sur laquelle rampera plus tard l'adulte.

Quant à la bouche de la larve elle est représentée par un orifice d'assez petites dimensions situé au fond de la cavité préorale dont nous venons de parler. Sa forme en fente orientée perpendiculairement au plan tentaculaire et ses rapports avec le tube digestif ne laissent aucun doute sur sa véritable nature. Elle conduit en effet dans une cavité à l'intérieur de laquelle nous trouvons disposées, suivant le plan tentaculaire, les ébauches antagonistes de deux organes sur l'importance desquels j'ai déjà attiré l'attention dans de précédentes Notes (²) en étudiant la formation du pharynx chez les Anthozoaires.

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 438 et 586.

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1407, et t. 171, 1920, p. 198.

J'ai montré que, dans ce dernier groupe, le pharynx de l'adulte tirait son origine de la coalescence d'une série métamérique d'ébauches embryonnaires endodermiques en forme d'arceau, auxquelles j'ai donné le nom d'*Entérotoxelles*. Ces organes, pour lesquels la disposition individualisée est transitoire et de très courte durée chez les Anthozoaires, persistent au contraire sous cet état chez les Cténophores adultes; ils se retrouvent chez la larve de *C. gonoctena*; ils sont compris entre son orifice buccal et l'orifice de l'entonnoir : ce sont les homologues des entérotoxelles dorsales et ventrales du segment $\alpha$ de la larve de *Pocillopora cespitosa*.

On saisit toute la portée de ces comparaisons. Sans parler des conséquences morphologiques qui en découlent pour notre compréhension du groupe des Cténophores et de ses relations phylogéniques avec les Cœlentérés supérieurs, disons seulement que cette notion nous permet d'établir, sur des bases matérielles, un mode d'orientation des Cténophores concordant avec celui des Anthozoaires. Si nous mettons en regard la disposition suivant un plan dorso-ventral des entérotoxelles $\alpha$ dorsales et $\alpha$ ventrales chez les Anthozoaires avec celles qu'assigne à ces mêmes organes notre conception actuelle, il nous apparaît que l'orientation purement conventionnelle attribuée aux Cténophores place les structures comparables, dont nous venons de parler, à 90° l'une de l'autre, nous masquant ainsi des homologies fondamentales.

Il importe donc de rétablir une harmonie méconnue en identifiant le plan tentaculaire des Cténophores avec le plan dorso-ventral des Anthozoaires.

Le développement ultérieur de l'embryon Cydippien de *C. gonoctena* nous met en présence de formes larvaires offrant les plus grandes analogies avec celles des Cténophores lobés. L'animal s'étale sur ses grands lobes pleuraux, perdant peu à peu sa forme de Cœlentéré pélagique pour prendre le port et l'apparence d'une planaire.

Corrélativement à ces modifications de la forme extérieure, des transformations s'accomplissent dans la disposition des organes profonds. Les deux appareils tentaculaires antagonistes subissent une rotation verticale dans le plan dorso-ventral qui les amène à leur place définitive. La valeur angulaire de cette rotation dépasse 90°. Leurs colloblastes embryonnaires achèvent leur évolution et deviennent semblables à ceux de tous les Cténophores.

Le système des vaisseaux se développe suivant le même plan général que chez les Lobés. Les huits canaux méridiens se fusionnent en s'accouplant deux à deux. En outre, ils se répandent bientôt, comme chez les Béroés, en un réseau anastomotique complexe. Les canaux pharyngiens transformés eux aussi en un réseau pharyngien se mettent en rapport avec le réseau périphérique représentant les canaux méridiens fusionnés.

Pendant que ces différentes transformations s'effectuent, la larve perd ses huit rangées de palettes : à partir de ce moment elle ne se déplace plus que par reptation.

Signalons enfin une particularité remarquable de *C. gonoctena*. A toutes les époques de l'année, cette espèce présente l'aptitude à se reproduire par lacération naturelle ou expérimentale. Une portion très réduite ($\frac{4}{10}$ de millimètre) du corps de l'animal peut reconstituer rapidement un individu parfait à la condition de posséder à la fois de l'ectoderme et de l'endoderme. Un fait morphologique important se dégage de l'étude expérimentale que j'ai pu faire de cette propriété. L'animal ne régénère pas

synchroniquement les deux éléments antagonistes de sa symétrie biradiaire, c'est-à-dire son foyer dorsal et son foyer ventral : il en résulte des formes qui, ne présentant qu'un seul foyer, un seul tentacule, une seule entérotoxelle, ont perdu leur symétrie rayonnée : elles sont dissymétriques. Mais de l'altération de leur harmonie radiaire primitive, naît une harmonie nouvelle : ce sont maintenant des formes bilatérales.

Ces constatations nous conduisent à la même conclusion générale que notre étude sur le développement des Hexacoralliaires. Elles nous montrent que la symétrie bilatérale est une disposition résiduelle dérivant d'une symétrie radiaire à deux éléments antagonistes par atrophie de l'un de ces deux éléments. Cette dernière réflexion éclaire le lecteur averti sur ma façon d'envisager les rapports d'ensemble des Cténophores et des Platodes : elle lui fait prévoir que, m'appuyant sur des faits nouveaux et des rapprochements inédits, je rejette avec Willey et Abbott l'homologie de l'axe longitudinal des Vers plats et des Métazoaires bilatéraux avec l'axe sagittal des Cténophores, homologie établie par Lang, acceptée par Kemna et par Mortensen.

PHYSIOLOGIE. — *Les fonctions embryonnaires des appareils de relation chez les Vertébrés anamniotes.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Paul Marchal.

Les fonctions embryonnaires que j'ai signalées chez les Vertébrés inférieurs possèdent des caractères communs qui jettent quelque lumière sur leur valeur générale et sur leur signification. Les appareils musculaire, nerveux, tégumentaire, qu'elles concernent, appareils dits de relation chez l'adulte, ne présentent entre eux, pendant leur développement, qu'une liaison imparfaite et n'ont, d'autre part, chez des embryons protégés par une coque épaisse et pourvus d'un vitellus abondant, que des rapports indirects avec le milieu extérieur par l'intermédiaire d'une chambre ovulaire. Ce sont, dans l'ordre de leur apparition pendant l'ontogénie : 1° la contraction rythmée aneurale des myotomes chez les Sélaciens, antérieure à toute activité nerveuse (¹); 2° l'irritabilité ectodermique aneurale des

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 369, et t. 167, 1918, p. 86; *Comptes rendus Soc. Biologie*, t. 81, p. 534 et p. 585.

Amphibiens, contemporaine de la distribution des nerfs sensibles à la surface du tégument ([1]); 3° la propagation d'avant en arrière, chez les Sélaciens, du mouvement ondulant du corps, aux stades de liaison neuromusculaire, grâce à une succession de réflexes dont les cellules de Rohon-Beard constituent la voie centripète ([2]).

4° La sécrétion spéciale du revêtement cutané qui, chez les Téléostéens, digère la coque et permet l'éclosion ([3]).

A. Ces fonctions sont *transitoires*. La durée de leur existence varie pour chacune d'elles; elle est courte pour l'irritabilité des Amphibiens (3 jours environ à 15° C.), moins brève pour la contraction aneurale des Sélaciens (4 jours à 17°-18° C., 8 jours à 15° C.), plus longue pour le fonctionnement des cellules géantes dorsales de Rohon-Beard (2$^e$ moitié de la vie ovulaire, 4 à 5 mois chez *Scylliorhinus canicula*).

B. Elles se manifestent à une *période définie de l'ontogenèse* et caractérisent, au même titre que les caractères morphologiques, un stade du développement.

C. L'examen physiologique de l'embryon ne fait pas assister uniquement au développement des fonctions définitives, mais conduit à constater des fonctionnements nouveaux.

*Un organe peut montrer des propriétés différentes et successives, suivant le stade plus ou moins avancé de sa différenciation, par suite de spécialisations momentanées de ses états de structure.*

Il existe une physiologie spéciale des embryons reclus dans une coque et abandonnés à eux-mêmes dans la nature, physiologie qui est fonction des conditions ambiantes, et dont les manifestations varient dans le temps avec les transformations anatomiques. Ainsi le mouvement aneural, chez les Sélaciens, précède le mouvement coordonné de la période neuromusculaire, et pendant celle-ci les cellules géantes transitoires de la moelle assurent les premiers relais du mouvement propagé. L'irritabilité ectodermique aneurale des Amphibiens diffère grandement de la fonction glandulaire et de revêtement dévolue plus tard au tégument. La sécrétion cutanée, capable de dissoudre la coque, chez les Téléostéens, est de tout autre nature que la sécrétion muqueuse persistante de l'adulte.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **171**, p. 408, 583 et 680; *Comptes rendus Soc. Biologie*, t. **67**, p. 645; t. **69**, p. 58.

([2]) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 958 et 1082.

([3]) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. **72**, p. 724; t. **73**, p. 70.

D. L'existence de ces propriétés embryonnaires *ne peut être considérée comme un rappel ancestral*. Il est vain de chercher à établir un lien généalogique entre les Vertébrés actuels et les organismes dépourvus de système nerveux.

De plus, le mouvement aneural rythmé des myotomes ne mène pas à la locomotion; car les contractions droite et gauche sont indépendantes et leur neutralisation latérale, à la *phase de conjonction*, provoque, à des moments variables, une immobilité presque complète. L'irritabilité ectodermique aneurale des Amphibiens manque chez les Poissons et n'est pas inscrite dans la lignée héréditaire de tous les Amphibiens (*Alytes*, *Salamandra*); sa coexistence, sa jonction avec le système nerveux sont des phénomènes jusqu'ici sans exemple. Les cellules géantes de la moelle, considérées par Coghill (1914) comme l'élément nerveux afférent des Chordés les plus primitifs, n'ont pas, chez tous les Vertébrés inférieurs, la même situation (van Gehuchten, 1897) et ne peuvent, à elles seules, représenter le système nerveux d'une forme ancestrale, d'ailleurs hypothétique; de plus, elles manquent ou sont peu développées chez les Sélaciens ovovivipares.

E. Les fonctions embryonnaires des appareils de relation se rapportent plutôt à des *causes actuelles* (Delage). Toutes les parties du germe se développent en fonction du milieu, mais certains organes reçoivent et manifestent d'une façon plus directe que d'autres, l'influence des conditions externes; c'est ainsi que le caractère occasionnel de l'irritabilité ectodermique aneurale des Amphibiens et de la fonction des cellules géantes chez les Sélaciens (Beard), a été nettement établi.

F. Le caractère actuel des manifestations se précise si l'on aborde le problème de leur utilité. La sécrétion cutanée des Téléostéens facilite leur éclosion. Les premiers mouvements du corps, qui n'ont avec la locomotion et les phénomènes de relation qu'un rapport fort éloigné, agissent en *favorisant la nutrition*. Qu'ils soient exécutés d'abord d'une manière aneurale et plus tard entretenus par une organisation nerveuse primitive, chez les Sélaciens, qu'ils soient rendus plus fréquents chez les Amphibiens par la généralisation, à toute la surface ectodermique, d'une irritabilité spéciale, ils ont pour effet, à une époque où les battements cardiaques n'existent pas encore (Sélaciens) ou viennent seulement de se produire (Amphibiens), de faciliter la circulation du liquide intérieur, d'aider à l'élimination des déchets et de contribuer à la respiration.

G. La disparition des fonctions embryonnaires résulte d'une *véritable métamorphose*. Que le changement des structures soit limité à un seul

appareil ou même réduit à un simple remaniement cellulaire, il n'en est pas moins conditionné par une modification générale de l'être vivant. Les facteurs externes ne varient pas. Si donc l'avènement d'une fonction embryonnaire se présente comme l'effet d'interactions entre un état structural peu différencié et les conditions ambiantes, sa déchéance, à un stade ultérieur du développement, s'explique comme le résultat d'une discordance entre la structure spécialisée précocement acquise et les conditions nouvelles du milieu intérieur, sans qu'il soit encore possible de préciser le changement de conditions survenu.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures trois quarts.

É. P.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 12 juillet 1920.)

Note de M. *L.-E.-J. Brouwer*, Énumération des classes de représentations d'une surface sur une autre surface :

Page 89, ligne 11 en remontant, *au lieu de* $\chi^{-2}$, *lire* $\chi^{-1}$; ligne 8 en remontant, *au lieu de* sont de la même classe que, *lire* peuvent être choisies dans la classe de.

(Séance du 6 septembre 1920.)

Note de M. *H. Grouiller*, Premières observations de la Nova Denning faites à l'Observatoire de Lyon :

Par suite d'une erreur de transcription, la position méridienne donnée pour la Nova à la fin de la Note (p. 496) est erronée; il résulte de *dix* observations, pour 1920 janvier 0, la position moyenne suivante avec ses erreurs probables :

$$\alpha = 19^h 56^m 24^s,61 \pm 0^s,03; \qquad \delta = 53^\circ 24' 2'',1 \pm 0'',4.$$

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUILLET 1920.

*Thermodynamique. Propriétés générales des fluides*, par E. ARIÈS. Paris, Hermann, 1920; 1 vol. $25^{cm}$.

*Leçons sur les fonctions automorphes : fonctions automorphes de n variables, fonctions de Poincaré*, par GEORGES GIRAUD. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. $25^{cm}$.

*Contributions à l'étude de la vie vertébrée insulaire dans la région méditerranéenne occidentale et particulièrement en Sardaigne et en Corse*, par E.-C. DEHAUT. Paris. Paul Lechevalier, 1920; 1 vol. $25^{cm}$. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

*Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco.* Fascicule LIV : *Céphalopodes*, par LOUIS JOUBIN. Imprimerie de Monaco, 1920; 1 vol. $36^{cm}$. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

*Amélioration des plantes cultivées et du bétail*, par E. COQUIDÉ. Paris, J.-B. Baillière, 1920; 1 vol. $18^{cm},5$. (Présenté par M. Viala.)

*Observations et expériences faites sur les animalcules des infusions*, par LAZARE SPALLANZANI. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 2 vol. $17^{cm}$.

*Mémoires sur la respiration et la transpiration des animaux*, par ANTOINE-LAURENT LAVOISIER. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. $17^{cm}$.

*Collection des Ouvrages anciens concernant Madagascar*, par A. GRANDIDIER, CHARLES-ROUX, H. FROIDEVAUX et G. GRANDIDIER. Tome IX, Paris, Union coloniale, 1920; 1 vol. $25^{cm}$.

Commission scientifique interalliée du ravitaillement. *Rapport général. Les ressources et les besoins alimentaires des pays alliés;* premier rapport et annexes, Paris 1918; deuxième rapport, Rome 1918; troisième rapport, Rome 1918. — *Résolution et projet de convention relatifs à la création d'une commission scientifique internationale de l'alimentation*, Bruxelles, 1919; 5 fasc. $27^{cm},5$.

*The Conon Bradley snow fields*, par WILLIAM H. PICKERING. Extrait de *Popular Astronomy*, 1 vol. XXVIII, n° 7, 1920; 1 fasc. $24^{cm}$.

*Étude préliminaire sur les vitesses du vent et les températures dans l'air libre à des hauteurs différentes*, par H. HILDEBRAND HILDEBRANDSSON. Extrait des *Geografiska Annaler*, 1920; 1 fasc. $24^{cm}$.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES D'AOÛT 1920.

*Géométrie synthétique des unicursales de troisième classe et de quatrième ordre*, par E. BALLY. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 23cm.

*Les progrès récents de l'Astronomie*, par PAUL STROOBANT. Extrait de l'*Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique*, vol. VIII, Année 1914. Bruxelles, 1920; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. Deslandres.)

*A propos de la prochaine disparition de l'anneau de Saturne*, par PAUL STROOBANT. Extrait de l'*Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique*. Bruxelles, 1920; 1 fasc. 18cm.

*La catalyse en Chimie organique*, par PAUL SABATIER. Paris, Ch. Béranger, 1920; 1 vol. 25cm.

*Le Rêve. Étude psychologique, philosophique et littéraire*, par YVES DELAGE. Paris, Léon Lhomme, 1920; 1 vol. 25cm.

*Les industries minérales non métallifères à Madagascar*. Conférence faite au Muséum national d'Histoire naturelle, le 2 mai 1920, par A. LACROIX. Paris, Éditions de la Revue politique et littéraire, 1920. 1 fasc. 22cm.

*The climate of Portugal and Notes on its Health Resorts*, par D. G. DALGADO. Lisbonne, 1914; 1 vol. 22cm.

Academia das sciencias de Lisboa. *Matérias Proteicas. Composição dos Principais Liquidos do Organismo*, par ACHILLES MACHADO. Lisboa, Imprimerie nationale, 1920; 1 vol. 25cm.

*Élementos de Neurossemiologia Clinica*, par VIRGILIO MACHADO. Lisboa, Imprimerie nationale, 1919; 1 vol. 28cm.

Guides des physiciens et des analystes des prospecteurs et des sourciers. *Les baguettes des sourciers et les forces de la nature*, par HENRI MAGER. Paris, Dunod, 1920; 1 vol. 21cm.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MARDI 2 NOVEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Sur le coup de bélier dans les conduites forcées alimentant des turbines à forte réaction.* Note [1] de M. DE SPARRE.

Soit une conduite forcée, partout semblable à elle-même, alimentant une turbine sans réaction, $l$ sa longueur, $a$ la vitesse de propagation et $V_1$ la vitesse de régime de l'eau dans cette conduite pour le distributeur complètement ouvert. Si T est le temps de fermeture, supposée de vitesse uniforme, pour le distributeur complètement ouvert, on sait que le coup de bélier maximum est donné par la formule

$$\xi_m = \frac{2lV_1}{gT} \quad [2]. \tag{1}$$

De plus, ce résultat est encore, ainsi que je l'ai fait voir, très sensiblement applicable à une conduite d'épaisseur variable, si l'on suppose la durée totale T de fermeture notablement supérieure à la durée $\theta = \frac{2l}{a}$ de l'oscillation de l'eau dans la conduite.

Par contre, on s'exposerait à de graves mécomptes, si l'on appliquait sans discernement la formule (1) aux conduites alimentant des turbines à forte réaction, ainsi que je vais le faire voir.

On sait que si la fermeture du distributeur [3] a lieu dans un temps plus

---

[1] Séance du 26 octobre 1920.

[2] $g$ désignant la gravité.

[3] Partiellement ouvert.

petit ou au plus égal à $\theta = \frac{2l}{a}$, le coup de bélier, quel que soit d'ailleurs la loi de fermeture, est égal à

$$\frac{aV}{g},$$

V étant la vitesse de régime de l'eau dans la conduite, pour le distributeur partiellement ouvert, au moment où commence le mouvement de fermeture. On sait, de plus, que l'on appelle *degré de réaction d'une turbine* la quantité.

$$\varepsilon = 1 - \frac{v^2}{2gH}, \tag{2}$$

où $v$ est la vitesse de l'eau à la sortie du distributeur à l'instant considéré, et H la hauteur de chute.

Si l'on suppose alors que V soit la vitesse de régime de l'eau dans la conduite lorsque le distributeur est ouvert d'une quantité telle que la fermeture totale ait lieu dans le temps $\theta$ ([1]), le coup de bélier, si l'on ferme à partir de cette ouverture, sera

$$\xi_1 = \frac{aV}{g}. \tag{3}$$

Désignons maintenant par $Q_0$ le débit de la conduite lorsque le distributeur est complètement ouvert et, par suite, la vitesse de régime égale à $V_1$; par $v_0$ la vitesse de l'eau, dans ces conditions, à la sortie du distributeur, le degré de réaction étant par suite

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{v_0^2}{2gH}. \tag{4}$$

Désignons par Q le débit de la conduite, lorsque la vitesse de régime dans cette conduite est V, la vitesse de l'eau à la sortie du distributeur étant alors $v'_0$ et, par suite, le degré de réaction

$$\varepsilon' = 1 - \frac{v_0'^2}{2gH}. \tag{5}$$

Nous aurons évidemment

$$\frac{V}{V_1} = \frac{Q}{Q_0}. \tag{6}$$

Mais si $S_0$ est la surface du distributeur lorsqu'il est complètement ouvert

([1]) En supposant cette fermeture faite avec une vitesse uniforme telle que la fermeture totale, à partir du distributeur complètement ouvert, ait lieu dans le temps T.

et le débit de la conduite $Q_0$, S cette surface lorsqu'il est ouvert d'une quantité telle que le débit de la conduite est Q, comme de plus, la vitesse de l'eau à sa sortie est $v_0$ dans le premier cas et $v'_0$ dans le second, on aura aussi

$$(7) \qquad \frac{Q}{Q_0} = \frac{S v'_0}{S_0 v_0}.$$

Mais puisque nous supposons la vitesse de fermeture uniforme et que par hypothèse la durée de fermeture est T lorsque l'ouverture initiale est $S_0$ et $\theta$ lorsque cette ouverture initiale est S, on a

$$(8) \qquad \frac{S}{S_0} = \frac{\theta}{T}.$$

On déduit par suite des relations (6), (7) et (8) jointes aux relations (4) et (5)

$$V = V_1 \frac{\theta v'_0}{T v_0} = \frac{V_1 \theta}{T} \sqrt{\frac{1-\varepsilon'}{1-\varepsilon_0}}.$$

Par suite, si la fermeture totale a lieu à partir de l'ouverture S, on aura pour le coup de bélier, en vertu de la formule (3) et en remplaçant $\theta$ par sa valeur

$$\xi = \frac{a V_1 \theta}{g T} \sqrt{\frac{1-\varepsilon'}{1-\varepsilon_0}} = \frac{2 l V_1}{g T} \sqrt{\frac{1-\varepsilon'}{1-\varepsilon_0}}.$$

Or, dans les turbines qui ont un fort degré de réaction, ce degré de réaction diminue considérablement à mesure que le distributeur se ferme et le facteur $\sqrt{\frac{1-\varepsilon'}{1-\varepsilon_0}}$ augmente par suite aussi dans une large proportion à mesure que l'on ferme à partir d'une ouverture initiale plus réduite.

Par exemple, si l'on suppose $T = 4\theta$, j'ai montré dans une Note remise au Comité technique que ce facteur peut, pour une turbine à forte réaction, dépasser 1,60. Par suite dans ce cas en calculant le coup de bélier maximum par la formule (1) on lui attribuerait une valeur de 60 pour 100 trop faible.

Ce fait met en évidence la nécessité, pour les conduites forcées alimentant des turbines à forte réaction, de tenir compte de l'influence du degré de réaction dans les calculs du coup de bélier. Cette influence sera d'ailleurs d'autant plus sensible que le rapport $\frac{\theta}{T}$ sera plus petit. C'est un point sur lequel je me propose de revenir prochainement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la signification biologique des alcaloïdes dans les plantes.* Note de MM. **G. Ciamician** et **C. Ravenna**.

Les alcaloïdes qui se trouvent dans les plantes contiennent très souvent l'hydrogène des groupes hydroxyliques, aminiques et iminiques substitué par des radicaux alcooliques ou acides, de sorte que les auteurs, qui considèrent ces substances comme produits de refus, que les plantes ne pourraient pas éliminer, étant dépourvues des organes excrétoires proprement dits, ont cru que ces radicaux servaient à les protéger de l'action de tels groupes qui, chimiquement, sont les plus réactifs. En étudiant comparativement l'action des composés fondamentaux avec celle de leurs dérivés sur les jeunes plants de haricot, nous avons trouvé précisément le contraire; et nous avons remarqué encore que même les radicaux alcooliques attachés au carbone exercent un effet analogue.

Tandis que les sels ammoniacaux ne déterminent pas d'action spéciale, les trois méthylamines et les sels de tétraméthylammonium se montrent vénéneux en relation avec le nombre croissant de méthyle, et nous avons pu confirmer cette règle dans toute une série de cas.

La xhantine, $C^5H^4O^2N^4$, n'exerce pas d'action nuisible; la théobromine, $C^5H^2(CH^3)^2O^2N^4$ et encore davantage la caféine, $C^5H(CH^3)^3O^2N^4$, sont au contraire vénéneuses.

Une relation analogue existe entre l'acide urique, $C^5H^4O^3N^4$, et l'acide méthylurique, $C^5H^3(CH^3)O^3N^4$. La pyridine, $C^5H^5N$, et la pipéridine, $C^5H^{10}NH$, sont peu nuisibles et spécialement la première ne l'est pas du tout; leurs dérivés, au contraire, sont tous plus ou moins toxiques, la picoline, $C^5H^4(CH^3)N$, l'est peu, tandis que la *n*-méthylpipéridine, $C^5H^{10}N(CH^3)$, les sels de diméthylpipéridilammonium,

$$C^5H^{10}N(CH^3)^2.R,$$

la conicine, $C^5H^9(C^3H^7)NH$, l'acéthylpipéridine, $C^5H^{10}N.C^2H^3O$, et la pipérine, $C^5H^{10}N.C^{12}H^9O^3$, le sont beaucoup plus. La nicotine, $C^5H^4N.C^4H^7N.CH^3$, exerce aussi une action vénéneuse, mais elle communique en plus un aspect caractéristique à la plante. Tandis que la morphine, $C^{17}H^{17}ON(OH)^2$, ne manifeste pas une notable toxicité, la codéine, $C^{17}H^{17}ON(OH)(OCH^3)$, et aussi la diméthylmorphine,

$$C^{17}H^{17}ON(OCH^3)^2,$$

sont des poisons. La quinine, $C^{19}H^{21}ON^2OCH^3$, et la cinchonine, $C^{19}H^{22}ON^2$, montrent des différences semblables. L'atropine,

$$C^7H^{11}N.CH^3(OC^9H^9O^2),$$

est moins nuisible que la cocaïne, $C^7H^{10}NCH^3(OC^7H^5O)(COOCH^3)$, et les effets vénéneux de cette dernière diminuent jusqu'à disparaître si on la débarrasse successivement des radicaux, c'est-à-dire du benzoyle et des deux méthyles : ainsi les deux isomères, l'ecgonine,

$$C^7H^{10}N.CH^3(OH)(COOH),$$

et l'éther méthylique de la nor-ecgonine, $C^7H^{10}NH(OH)(COOCH^3)$, ont peu d'influence sur l'ultérieur développement des petites plantes; la nor-ecgonine, $C^7H^{10}NH(OH)(COOH)$, finalement, n'exerce plus d'action toxique appréciable. Les éthers sont plus nuisibles que les sels potassiques des acides correspondants; ainsi le salicylate de méthyle et les tartrates de méthyle et d'éthyle sont plus dangereux que les sels de potassium des acides salicylique et tartrique. Parmi les substances aromatiques, l'aniline, $C^6H^5NH^2$, est moins toxique que l'acétanilide, $C^6H^5NHCO.CH^3$, et la méthylacétanilide, $C^6H^5N.CH^3.COCH^3$; la pyrocatéchine, $C^6H^4(OH)^2$, moins que le gaïacol, $C^6H^4(OH)(OCH^3)$; les quinoléines, $C^9H^7N$, moins que la quinaldine, $C^9H^6(CH^3)N$; les acides crésyliques,

$$C^6H^3(CH^3)(OH)(COOH),$$

plus que l'acide salicylique, $C^6H^4(OH)(COOH)$.

Il résulte donc de ce résumé que la présence de radicaux alcooliques ou acides ne diminue pas, mais augmente l'action nocive des substances fondamentales qui les contiennent. Cependant les dérivés méthylés ne sont pas nuisibles dans tous les cas; lorsque le composé fondamental, non toxique, est normalement présent dans les plantes, ses dérivés ne le sont pas. Ainsi la bétaïne, $COOH.CH^2.N(CH^3)^3OH$, comme le glycocolle,

$$COOH.CH^2.NH^2,$$

ne sont pas nuisibles; on peut dire la même chose soit pour l'acide diméthylpyrroldicarbonique asymétrique, $C^4(CH^3)^2(COOH)^2NH$, que pour l'acide carbopyrrolique, $C^4H^3(COOH)NH$, parce que le noyau pyrrolique fait partie essentielle de la chlorophylle; le méthylglucoside, $C^6H^{11}O^5.OCH^3$, et le méthylsulfate de potassium, $K(CH^3)SO^4$, ne le sont pas plus que le glucose et le sulfate potassique. Les méthyles et, on peut dire

en général, les radicaux, ne seraient donc pas nuisibles par eux-mêmes, mais serviraient à augmenter l'effet de substances plus ou moins actives dans les plantes, qui évidemment en transformant les composés fondamentaux en leurs dérivés, doivent le faire dans un but déterminé. Quel est ce but? Nous l'avons pu deviner en nous rappelant ce que nous faisons habituellement dans nos laboratoires pour rendre les substances organiques plus résistantes aux attaques chimiques, notamment à l'oxydation. La pratique habituelle est celle de remplacer les hydrogènes hydroxyliques, aminiques ou iminiques par des radicaux alcooliques ou acides.

Les plantes pourraient opérer de la sorte, car nous savons, par des expériences précédentes ([1]), que les substances organiques qu'on y a introduites soit par arrosage, soit par inoculation, sont plus ou moins complètement éliminées par oxydation. La question s'est donc posée d'établir si réellement les enzymes oxydantes des végétaux attaquent de préférence les substances fondamentales que leurs dérivées. Nous avons examiné l'action de la pâte d'épinards en présence d'oxygène sur quelques couples de substances, qui exercent, comme il a déjà été dit, une action toxique d'intensité variable sur les plantules de haricot.

Les résultats, consignés dans le Tableau suivant, montrent que vraiment les composés les plus toxiques sont aussi ceux qui résistent le mieux à l'action des ferments oxydants.

| Substances. | Introduites. | Retrouvées. |
|---|---|---|
| | g | g |
| Pyrocatéchine | 2 | 0,01 |
| Gaïacol | 2 | 1,2 |
| Morphine | 2 | détruite |
| Codéine | 2 | 1g,02 - 1g,40 |
| Théobromine | 2 | 0,44 |
| Caféine | 2 | 1,92 |
| Atropine | 2 | 0,52 |
| Cocaïne | 2 | 1,07 |

Ces expériences tendent à montrer que les plantes, bien loin d'éliminer les substances qui pourraient être des produits résiduaires de leur métabolisme, les modifient en les rendant plus résistantes; ce fait semblerait étrange si les alcaloïdes ne représentaient que des produits inutiles. Ils doivent être, au contraire, destinés à des fonctions déterminées, que nous

([1]) *Sur l'action des enzymes végétales sur quelques substances organiques* (*Annales de Chimie*, t. **12**, 9e série, 1919, p. 5).

croyons être celles des hormones végétales. Quelles sont plus spécialement ces fonctions? Nous ne le pouvons pas préciser, mais nous avons trouvé, par exemple, que la caféine et la théobromine excitent la fonction chlorophyllienne en déterminant dans les haricots un surcroît d'amidon, de sorte que, spécialement avec la seconde, les feuilles acquièrent des dimensions plus grandes.

Avec cela pourtant, le rôle des radicaux n'est pas complètement éclairci car, par exemple, l'acide isobutyrique, qui est plus toxique que l'acide butyrique normal, ne se montre pas, dans les plantes, plus résistant à l'oxydation. En outre, l'hydrogénation des composés fondamentaux exerce, elle aussi, une influence nuisible sur les plants de haricot; en effet, tandis que la pyridine, $C^5H^5N$, est moins toxique que la pipéridine, $C^5H^{10}NH$, cette différence augmente entre la quinoléine, $C^9H^7N$, et la tétrahydroquinoléine, $C^9H^{10}NH$, et entre l'acide phtalique, $C^6H^4(COOH)^2$, et l'acide tétrahydrophtalique, $C^6H^8(COOH)^2$. Nous avons observé ensuite que l'action des substances aromatiques dépend aussi de la nature du noyau, car les composés condensés sont plus nuisibles que les simples : ainsi la quinoléine, $C^9H^7N$, est beaucoup plus toxique que la pyridine, $C^5H^5N$, et l'α-naphtylamine, $C^{10}H^7NH^2$, est plus vénéneuse que l'aniline, $C^6H^5NH^2$.

De nouvelles recherches s'imposent à cet égard; mais dès ce moment, on peut affirmer que l'effet des substances organiques sur les plantes doit être en relation avec la résistance qu'elles opposent à leur élimination.

## CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution des problèmes aux limites relatifs aux équations du second ordre des types elliptique et parabolique.* Note de M. **Maurice Gevrey**.

I. Dans une Note récente [1], nous avons donné un procédé de calcul permettant d'obtenir la fonction de Green relative aux équations linéaires du type elliptique pour le problème de Dirichlet *intérieur*. La méthode s'applique aussi bien au problème *extérieur*, la fonction de Green correspondante ayant une forme analogue; les conditions de régularité à l'infini

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 610.

exigeront un examen particulier, mais le principe du calcul reste le même.

On peut également se proposer des problèmes plus généraux rentrant, par exemple, dans le type suivant : déterminer, dans un domaine D, une solution $u$ de l'équation donnée satisfaisant, en tout point $m$ de la frontière S, à la condition

$$H(m)\frac{\partial u}{\partial n_i} + K(m)u + L(m) = 0,$$

$n_i$ étant la normale à S intérieure à D. Ainsi, soit l'équation à $n$ variables

$$\Delta u + \Sigma b\frac{\partial u}{\partial x_i} + cu + f = 0; \tag{7}$$

on posera, pour $n > 2$,

$$V(\Pi, P) = \frac{1}{r^{n-2}} - \frac{w(\Pi, P)}{(r^2 + 4d\delta)^{\frac{n}{2}-1}},$$

les notations étant les mêmes que dans la Note citée. On déterminera la fonction $w$ de telle sorte qu'on ait, quand $\Pi$ vient en $m$, P restant fixe,

$$H(m)\frac{\partial V}{\partial n_i}(m, P) + K_1(m)V(m, P) = 0,$$

ce qui est possible d'une infinité de façons. La fonction analogue à celle de Green qui permettra d'écrire la valeur de $u$ en P, par l'emploi de la formule fondamentale, est une solution de l'adjointe de (7), d'une forme analogue à (3) [p. 611], la fonction $\varphi$ étant encore donnée par une équation intégrale.

Si l'équation est du type plus général (5) [p. 612], le procédé est le même, en utilisant alors les fonctions $\mathfrak{S}$, $s$, $\sigma$, au lieu de $r^2$, $d$, $\delta$, et la *conormale* au lieu de la normale. Bien entendu, il y aura lieu, suivant les cas, de préciser les conditions d'application de la méthode et de possibilité du problème, ce que je ne puis faire ici (problèmes extérieur et intérieur).

II. Ce procédé de calcul peut s'étendre à certaines équations d'ordre pair à caractéristiques imaginaires et, en particulier, aux équations linéaires d'ordre $2n$ à deux variables. Mais, avant d'aborder ce sujet, je désirerais indiquer comment on peut appliquer notre méthode aux équations du second ordre du type *parabolique*.

Envisageons d'abord l'*équation à deux variables* (*Journ. de Math.*, 1913)

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu + f = 0 \qquad (b \neq 0),$$

la valeur de $u$ étant donnée sur un contour formé d'un segment parallèle à $Ox$ et de deux arcs non sécants $x = X_i(y)$ $[i = 1, 2]$, issus de ses extrémités (*loc. cit.*). Un changement de variables nous ramène aisément au cas où $b = 1$, avec $X_1 = 0$, $X_2 = l$ (contour rectangulaire). Posant alors [1]

$$V(\Pi, P) = \frac{1}{\sqrt{y-\eta}} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4(y-\eta)}} \left[1 - e^{-\frac{x\xi(l-x)(l-\xi)}{l^2(y-\eta)}}\right],$$

la fonction de Green, solution de l'adjointe relativement à $\Pi(\xi, \eta)$, aura la forme

$$\mathcal{G}(\Pi, P) = V(\Pi, P) + \iint_{S_{y,\eta}} V(\Pi, M)\varphi(M, P)\, d\omega_M, \tag{8}$$

analogue à (3); $S_{y,\eta}$ étant le domaine compris entre les deux côtés verticaux du contour rectangulaire et les caractéristiques d'ordonnées $y$ et $\eta$. La fonction $\varphi$ est donnée par une équation intégrale [cf. (4)]

$$\varphi(\Pi, P) + \iint_{S_{y,\eta}} K(\Pi, M)\varphi(M, P)\, d\omega_M = \psi(\Pi, P) \tag{9}$$

et se calcule par approximations successives, grâce à la forme du noyau K.

Soit maintenant l'*équation relative à $n + 1$ variables $x_1, \ldots, x_n, y$* :

$$\sum \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} - \frac{\partial u}{\partial y} + \sum b_i \frac{\partial u}{\partial x_i} + cu + f = 0,$$

et envisageons la frontière S d'un domaine à $n + 1$ dimensions, déterminant sur les plans caractéristiques $y = \text{const.}$ des domaines bornés à $n$ dimensions, limités par les sections C de S. On donne la valeur de $u$ sur la portion $S_0$ de S pour laquelle $y$ est $\geqq y_0$ et à l'intérieur de la section par le plan $y = y_0$. Pour obtenir la fonction de Green $\mathcal{G}(\Pi, P)$, solution de l'adjointe relativement à $\Pi(\xi_1, \ldots, \xi_n, \eta)$ et permettant d'avoir la valeur de $u$ en $P(x_1, \ldots, x_n, y)$ intérieur à $S_0$, nous poserons

$$V(\Pi, P) = (y-\eta)^{-\frac{n}{2}} e^{-\frac{r^2}{4(y-\eta)}} \left(1 - e^{-\frac{d\delta}{y-\eta}}\right), \qquad r^2 = \Sigma(x_i - \xi_i)^2,$$

---

(1) Ceci suppose $X_i$ dérivable. On peut aussi, dans (8), remplacer V par la fonction de Green relative à l'*équation de la chaleur* et au contour rectangulaire :

$$G = \mathfrak{F}(x-\xi, y-\eta) - \mathfrak{F}(x+\xi, y-\eta) \qquad \left[\mathfrak{F}(\alpha, \beta) = \frac{1}{\sqrt{\beta}} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(\alpha+2nl)^2}{4\beta}}\right].$$

$d$ (ou $\delta$) étant la plus courte distance de P (ou Π) à la section de S par le plan caractéristique passant par ce point, du moins quand il est voisin de S. Les fonctions $\mathcal{G}$ et $\varphi$ seront encore données par des équations telles que (8) et (9), avec des intégrales $(n+1)$-uples où $S_{y,\eta}$ désignera le domaine limité par S et les deux plans caractéristiques d'ordonnées $y$ et $\eta$. Enfin, si l'équation a la forme plus générale

$$\sum a_{ik}\frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} - \frac{\partial u}{\partial y} + \sum b_i \frac{\partial u}{\partial x_i} + cu + f = 0,$$

les coefficients étant fonctions de $x_1, \ldots, x_n$, $y$ et la forme $\Sigma a_{ik}X_iX_k$ étant définie et positive, la fonction $\mathcal{G}$ s'obtiendra d'une façon analogue à l'aide des fonctions $\mathfrak{S}$, $s$, $\sigma$; ici, toutefois, les coefficients de $\mathfrak{S}$ dépendront de $n+1$ variables, la forme $\mathfrak{S}$ elle-même étant à $n$ variables. Le calcul est facilité si S a une équation simple, comme nous l'avons expliqué page 612. Une discussion spéciale est nécessaire quand l'hypersurface $S_0$ admet des plans tangents caractéristiques.

L'extension à des problèmes plus généraux, du genre de ceux envisagés au début de cette Note, se fait de la même façon.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Couples de deux surfaces minima se correspondant comme focales d'une congruence rectiligne, avec conservation des lignes asymptotiques et des lignes de longueur nulle.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Le problème ainsi posé se trouve complètement résolu en rapprochant les résultats élégants signalés par M. Thybaut, dans sa thèse sur la déformation du paraboloïde [1] et ceux que j'ai moi-même obtenus sur les courbes à torsion constante [2] ou le paraboloïde [3].

Sur la sphère $x^2+y^2+z^2=1$ traçons deux courbes analytiques quelconques, réelles ou non, $(\mathfrak{C})$ et $(\mathfrak{C}_1)$, lieux respectivement des points $(c, c', c'')$ et $(c_1, c'_1, c''_1)$; soient $\theta$ et $\theta_1$ les arcs de $(\mathfrak{C})$ et $(\mathfrak{C}_1)$ et $\tau$ une constante. Je définis quatre courbes minima par les formules suivantes, que l'on

---

(1) *Annales de l'École Normale*, 1897.
(2) *Annales de l'École Normale*, 1919.
(3) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 674.

complètera par des permutations circulaires évidentes :

$$(M)\qquad x = \tau\int c''\,dc' - c'\,dc'' + i\tau c,\quad \ldots,$$

$$(\overline{M})\qquad \overline{x} = \tau\int c''\,dc' - c'\,dc'' - i\tau c\quad \ldots,$$

$$(M_1)\qquad x_1 = \tau\int c''_1\,dc'_1 - c'_1\,dc''_1 - i\tau c_1\quad \ldots,$$

$$(\overline{M_1})\qquad \overline{x_1} = \tau\int c''_1\,dc'_1 - c'_1\,dc''_1 + i\tau c_1\quad \ldots.$$

Les milieux $\mu$ de $MM_1$ et $\overline{\mu}$ de $\overline{M}\,\overline{M_1}$ décrivent, $\theta$ et $\theta_1$ variant indépendamment, deux surfaces minima que j'appellerai $(MM_1)$ et $(\overline{M}\,\overline{M_1})$ dont l'ensemble forme le couple le plus général répondant au problème.

La correspondance revient à associer $\mu$ et $\overline{\mu}$; c'est une représentation conforme; elle conserve les réseaux conjugués, elle conserve aussi les réseaux orthogonaux. Les lignes de courbure se correspondent donc aussi. La détermination des lignes asymptotiques, dont l'équation est $\theta \pm \theta_1 =$ const. exige, en plus des six quadratures déjà introduites, deux quadratures complémentaires.

Les conditions nécessaires et suffisantes pour que ce couple soit réel sont que $(\mathcal{B})$ et $(\mathcal{B}_1)$ soient imaginaires conjuguées et $\tau$ réel. Dans ce qui suit, je me bornerai à cette hypothèse.

2. Cette figure possède une configuration remarquable. Le milieu A de $M\overline{M}$ décrit une courbe (A) dont le rayon de torsion est constant, égal à $\tau$; la surface minima $(M\overline{M})$, lieu des milieux des cordes s'appuyant sur (M) et $(\overline{M})$, admet (A) pour asymptotique particulière; pour que cette nouvelle surface soit réelle, il faut et suffit que $(\mathcal{B})$ et par suite (A) soient réelles, soit au sens vulgaire, soit au sens de M. Goursat; si cette condition est remplie, on remarquera que le couple $(MM_1)$, $\overline{M}\,\overline{M_1})$ ne forme en réalité qu'une surface unique, la congruence rectiligne s'obtenant en joignant les points $(\theta, \theta_1)$ et $(\theta_1, \theta)$; la surface minima $(M\overline{M})$ coïncide elle-même avec cette surface unique; la surface adjointe, comme l'a montré M. Cosserat, est circonscrite à la sphère $x^2 + y^2 + z^2 = \tau^2$ le long de la courbe $(\tau c, \tau c', \tau c'')$.

Reprenons l'étude de la figure en supposant que $(\mathcal{B})$ et $(\mathcal{B}_1)$ soient conjuguées, sans être réelles, ou, ce qui revient au même, sans coïncider. On peut remarquer que les surfaces minima $(M\overline{M_1})$ et $(\overline{M}M_1)$ constituent un couple satisfaisant aussi au problème ; $(\mathcal{B}')$ étant la symétrique de $(\mathcal{B})$ par rapport à l'origine, ce nouveau couple n'est autre chose que ce que devien-

drait le premier, si l'on remplaçait $(\mathcal{M})$ par $(\mathcal{M}')$ sans toucher à $(\mathcal{M}_1)$. Ici, ce second couple se compose de deux surfaces minima imaginaires et conjuguées l'une de l'autre; si $(\mathcal{M})$ et $(\mathcal{M}')$ sont analytiquement distinctes, ce second couple est analytiquement distinct du premier; mais si $(\mathcal{M})$ et $(\mathcal{M}')$ ne forment qu'une seule courbe analytiquement indécomposable, les quatre surfaces $(MM_1)$, $(\overline{M}\overline{M}_1)$, $(\overline{M}M_1)$, $(M\overline{M}_1)$ ne forment qu'une seule surface analytique réelle connexe, les deux dernières correspondant à des nappes imaginaires. Si l'on suppose même $(\mathcal{M})$ et $(\mathcal{M}_1)$ coïncidant, il faut réunir ce dernier résultat au résultat antérieur : on a une surface minima unique qui est une surface double.

3. Je considère maintenant les deux surfaces S et S′, complémentaires l'une de l'autre, applicables sur le paraboloïde $\mathcal{P}\, x^2+y^2=4\tau z$, définies par les formules

$$(S)\qquad X=\frac{i\tau}{2}\int c''dc'-c'dc''-\frac{i\tau}{2}\int c''_1dc'_1-c'_1dc''_1+\frac{\tau i}{2}(c'c''_1-c''c'_1)\ldots,$$

$$(S')\qquad X'=\frac{i\tau}{2}\int c''dc'-c'dc''-\frac{i\tau}{2}\int c''_1dc'_1-c'_1dc''_1-\frac{\tau i}{2}(c'c''_1-c''c'_1)\ldots.$$

J'ai étudié ces surfaces dans les Notes et Mémoires plus haut cités; je rappelle que S est applicable sur $\mathcal{G}$ point réel sur point réel, mais S′ est applicable sur $\mathcal{P}$ point réel sur point imaginaire. Dans son travail, M. Thybaut associe à toute surface applicable sur $\mathcal{P}$ un couple de deux surfaces minima satisfaisant aux conditions énoncées dans le titre de cette Note.

Or il est très remarquable que la surface S corresponde au couple $(M\overline{M}_1)$ et $(\overline{M}M_1)$ formé de deux surfaces imaginaires conjuguées, tandis que la surface S′ qui, au point de vue expérimental pur, n'est pas applicable sur $\mathcal{P}$ donne le couple réel $(MM_1)$ et $(\overline{M}\overline{M}_1)$. Le réseau conjugué commun à S, S′ $\mathcal{P}$ est justement fourni par l'équation $\theta\pm\theta_1=$ const. qui définit les asymptotiques des surfaces minima. M. Bianchi, dans ses *Leçons de Géométrie* [1], a montré l'intérêt du travail de M. Thybaut.

On remarquera, $(\mathcal{M})$ et $(\mathcal{M}_1)$ étant toujours conjuguées et $\tau$ réel, que la connaissance d'un des éléments géométriques suivants :

Courbe (A), réelle ou imaginaire; couple de courbes minima (M) et $(\overline{M})$; couple de surfaces minima $(MM_1)$ et $(\overline{M}M_1)$; surface S; surface S′; pour ne citer que les plus importants, entraîne immédiatement, par simples

(1) Bianchi, *Lezioni di Geometria Differenziale*, t. 2, p. 334.

différentiations et éliminations, la connaissance de tous les autres. Si l'un est algébrique, tous les autres le sont.

4. On remarquera aussi qu'on peut se donner arbitrairement une surface minima $(\mathfrak{M})$ réelle, comme premier élément du couple; le second élément est fourni par une équation de Riccati ordinaire, à toute solution de laquelle correspond une surface réelle complétant le couple, soit $(\mathfrak{M}_1)$. Mais alors si $(\mathfrak{M}_1)$ est prise comme premier élément d'un couple, l'équation de Riccati correspondante se ramène à deux quadratures au plus, car la surface $(\mathfrak{M})$ est une solution particulière. De la sorte, des quadratures successives donnent une chaîne de surfaces minima $(\mathfrak{M})$, $(\mathfrak{M}_1)$, $(\mathfrak{M}_2)$, ..., à partir du premier couple $(\mathfrak{M}\mathfrak{M}_1)$. A chaque fois on définit en même temps une série S ou une série (S'), etc.

STATISTIQUE. — *Sur une application de l'équation de Volterra au problème de la répartition par âge dans les milieux à effectif constant.* Note de M. **Risser**, présentée par M. Hadamard.

Désignons par N le nombre des membres du groupement, par $l(X)$ la loi de survie et par $\varphi(x)$ la loi caractéristique des entrées à l'âge $x$; on supposera que l'origine des âges a été prise égale à o, au lieu de $x_0$, ce qui revient simplement à un déplacement d'origine des coordonnées ou des âges.

Comme le nombre des membres fondateurs est réduit à

$$N\,l(X) \quad \text{au bout du temps } X,$$

et que le nombre des nouveaux adhérents entrés au cours de l'intervalle (o, X) s'élève à

$$N\int_0^X \varphi(x)\,l(X-x)\,dx,$$

il en résulte que l'on aura à résoudre l'équation (1), où l'on suppose que $l(0)=1$ :

$$l(X)+\int_0^X \varphi(x)\,l(X-x)\,dx=1, \tag{1}$$

si l'on veut que l'effectif reste constant.

En dérivant l'équation (1) par rapport à X, on est conduit à l'équation

$$\varphi(X)+\int_0^X \varphi(x)\frac{\partial l(X-x)}{\partial X}\,dx=-\,l'(X). \tag{2}$$

Il est évident que toutes les fois que l'on a, pour forme de survie, une expression de la forme

$$\sum P_i(x)\, e^{\alpha_i x},$$

$P_i$ étant un polynome de degré $(i-1)$ et $\alpha_i$ une constante, racine d'ordre $i$ d'une certaine équation caractéristique d'ordre $n$ :

$$a_0\gamma^n + a_1\gamma^{n-1} + \ldots + a_n = 0,$$

on peut dire que l'expression $\sum P_i(x)\, e^{\alpha_i x}$ peut être considérée comme l'intégrale de l'équation différentielle d'ordre $n$, caractéristique de la loi de survie :

$$(3) \qquad a_0 \frac{d^n l}{dx^n} + a_1 \frac{d^{n-1} l}{dx^{n-1}} + \ldots + a_n l = 0.$$

En multipliant respectivement par $a_n, a_{n-1}, \ldots, a_0$ les premiers membres des équations obtenues en dérivant une fois, 2 fois, ..., $n$ fois le premier membre de (1), et en ajoutant les résultats, on obtient, après avoir tenu compte de l'équation (3), l'équation

$$(4) \qquad A_0 \varphi^{n-1}(X) + \ldots + A_{n-2}\varphi'(X) + A_{n-1}\left[\varphi(X) - \frac{a_n}{A_{n-1}}\right] = 0,$$

où les $A_i$ sont des constantes.

La solution de cette équation est de la forme

$$(4)' \qquad \varphi(X) = \frac{a_n}{A_{n-1}} + \sum Q_i(x)\, e^{\beta_i x}.$$

Si la fonction de survie est du type

$$(5) \qquad e^{M + N_x + \sum e^{r_i x} f_i(x)},$$

indiqué par M. Quiquet, on pourra trouver pour $\varphi(X)$ un développement en série absolument convergente, en recourant à la méthode des approximations successives de M. Picard.

La même méthode pourrait être appliquée si l'on se donnait la forme de $\varphi$ et si l'on voulait calculer $l(X)$.

On peut remplacer la fonction de survie (5) par une série d'exponentielles, et l'on peut arrêter le développement à un terme d'ordre $n$, de telle façon que la différence entre la fonction et la série d'exponentielles soit plus petite que $\varepsilon$ dans le champ choisi.

On voit donc qu'on est ramené à remplacer $l(X)$ par $\sum_1^n B_i e^{b_i x}$, et par

suite à résoudre une équation fonctionnelle d'un type étudié ici; $\varphi$ est alors représentée par la solution générale d'une équation différentielle à coefficients constants d'ordre $(n-1)$.

Si l'on fait croître $n$ indéfiniment, c'est-à-dire si l'on remplace $l(X)$ par une série qui soit uniformément convergente dans l'intervalle d'âges considéré, on est ramené à résoudre une équation du type de Volterra

$$z(x)+\int_0^X\left[\sum_1^n a_i(x)\frac{(x-s)^{i-1}}{(i-1)!}\right]z(s)\,ds=f(x)+\sum e_p f_p(x)$$

qui correspond à la limite à une équation différentielle à coefficients constants d'ordre infini.

Dans ce cas, on peut dire que toutes les fois que $l(X)$ est du type (5), $\varphi(x)$ est aussi de ce type et inversement.

ASTRONOMIE. — *L'astrolabe à prisme type S. O. M.* Note (¹) de MM. **Claude** et **Driencourt**, présentée par M. L. Favé.

La création du second type d'astrolabe à prisme remonte à plus de 16 ans. Au cours de cette période, l'instrument du modèle dit géodésique a été employé par de nombreux observateurs dans les conditions et sous les latitudes les plus diverses et l'on peut considérer que l'expérience a définitivement prononcé sur ses qualités et ses défauts. Les principales critiques qui lui ont été adressées et qui concordent du reste avec celles que nous avions faites nous-mêmes, portent :

*a*. Sur sa complication : il est en effet constitué de trois parties que l'observateur doit assembler et démonter en pleine nuit ;

*b*. Sur l'existence de deux axes verticaux superposés ayant chacun leur niveau sphérique réglable;

*c*. Sur le nombre des réglages à effectuer lorsque l'instrument est tout à fait déréglé, l'instabilité de quelques-uns d'entre eux et surtout l'impossibilité de procéder sur le terrain en pleine nuit au plus important, celui de la perpendicularité de l'axe optique de la lunette et de la face arrière du prisme lorsque les images des fils sont complètement sorties du champ;

*d*. Sur les défauts optiques de la lunette : insuffisance du champ, manque de clarté, ouverture trop faible du verre d'œil de l'oculaire;

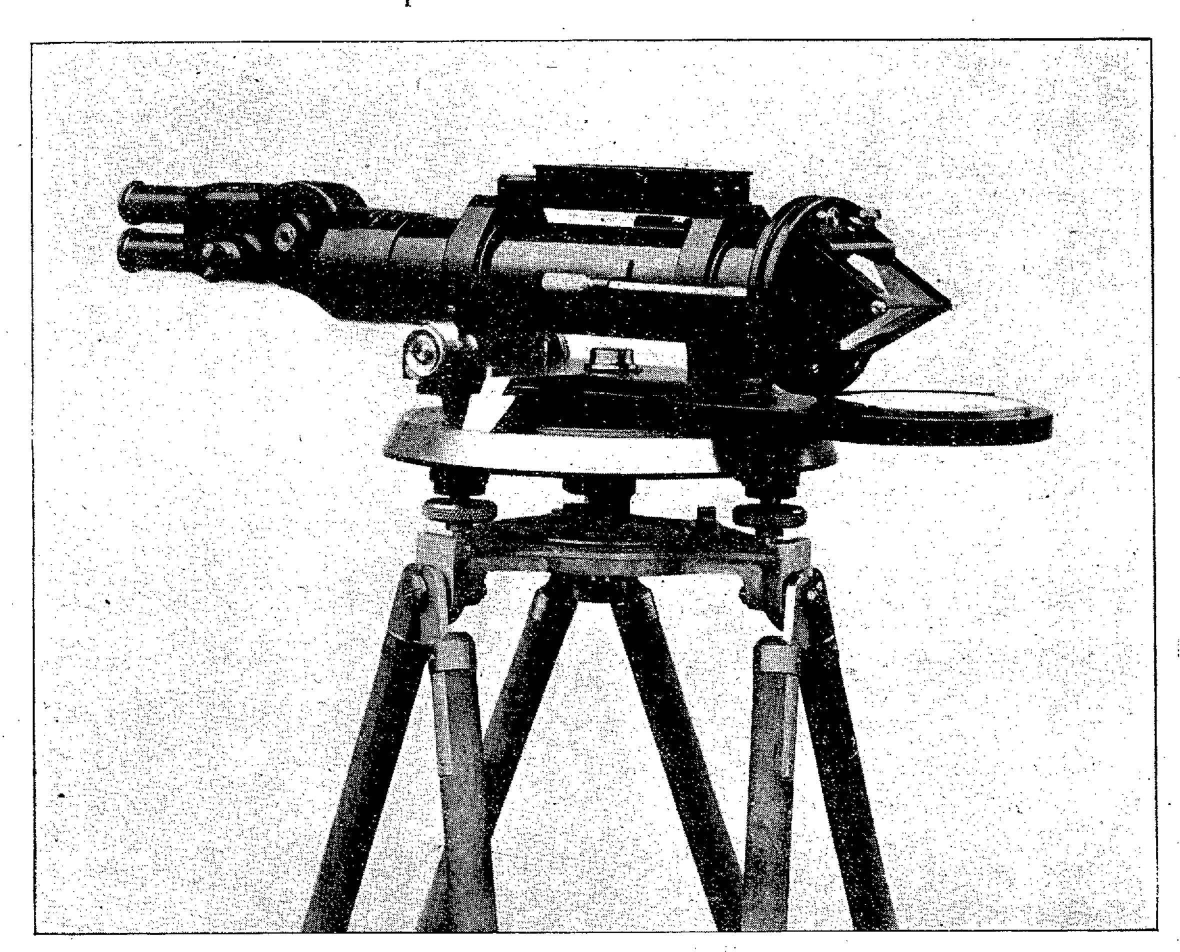
---

(¹) Séance du 26 octobre 1920.

*e*. Sur la nécessité de changer d'oculaire pour le réglage du prisme par autocollimation sur la face arrière;

*f*. Sur le manque de chercheur en cas de préparation insuffisante des éléments du tableau de calages;

*g*. Enfin sur le nombre des boîtes de l'instrument qui est de trois, leur encombrement et leur poids total.



Tous ces défauts se trouvent supprimés dans le nouveau type d'astrolabe à prisme du modèle géodésique que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie et beaucoup de perfectionnements de détail y ont été introduits.

L'instrument est d'une seule pièce; sa hauteur ne dépasse pas la moitié de celle du type précédent. Il comporte un seul axe vertical, par suite un

seul niveau sphérique qui est indéréglable. Le nombre des réglages est réduit au minimum et ils peuvent tous être effectués en quelques instants au moment de la mise en station comme au cours des observations, les seuls déréglages susceptibles de se produire durant les transports étant maintenus dans des limites très étroites. La lunette, quoique de longueur réduite, est supérieure, sous le rapport du champ, du grossissement et surtout de la clarté. Elle est munie de deux oculaires microscopes inamovibles donnant respectivement des grossissements de 77 et 31 au lieu de 68 et 30 et des champs de 37′ et 93′ au lieu de 27′ et 74′. Le nombre des étoiles observables atteint facilement une grandeur en plus et les images sont plus nettes. Le verre d'œil de l'oculaire, de fort grossissement, a une ouverture double de celle du type antérieur. Le passage d'un oculaire à l'autre se fait instantanément par la manœuvre d'un levier, ce qui permet à l'observateur d'augmenter le champ dans le rapport de 2 à 5, l'oculaire de faible grossissement jouant le rôle de chercheur. L'autocollimation sur la face arrière du prisme se fait avec l'oculaire de fort grossissement par la simple manœuvre d'un poussoir à ressort : le réglage du prisme peut donc être vérifié à tout instant. L'instrument tient dans une seule boîte. L'encombrement total est réduit de plus de moitié et le poids de l'instrument avec sa boîte est ramené à $18^{kg}$ au lieu de $45^{kg}$. Enfin, un pied nouveau à rotules, léger et néanmoins robuste et très stable, permet une mise en station facile et rapide.

L'appareil réalise par rapport au type précédent un progrès comparable à celui que marquait ce dernier par rapport au type primitif, et nous espérons fermement qu'il donnera toute satisfaction aux observateurs.

PHYSIQUE. — *Recherches expérimentales sur les rayons X de grande longueur d'onde.* Note (¹) de M. **Holweck**, présentée par M. Lippmann.

Les rayons sont produits par chocs des électrons, émis par une cathode incandescente, sur une anode. Le champ accélérateur, existant entre ces deux électrodes, est donné par une batterie de petits accumulateurs.

Il est nécessaire de produire beaucoup de rayons mous pour pouvoir

(¹) Séance du 26 octobre 1920.

facilement les étudier et déterminer leur absorption par la matière; c'est-à-dire d'avoir un fort courant thermo-ionique traversant le tube. Ceci est impossible, pour les faibles différences de potentiel, dès que la distance entre l'anode et la cathode est grande, les électrons sortant de la cathode incandescente annulant le champ au voisinage de celle-ci. En conséquence, la distance entre les électrodes à été réduite à $0^{cm},1$.

Les rayons X de grande longueur d'onde étant extrêmement peu pénétrants, il est nécessaire de séparer l'appareil producteur, vide d'air, de la chambre d'ionisation contenant un gaz, par une membrane mince et étanche. Nous avons employé des feuilles de celluloïd de $2.10^{-5}$ cm d'épaisseur.

De grandes précautions ont été prises pour assurer un excellent vide dans l'appareil producteur de rayons et pour diminuer le dégagement des gaz occlus par les pièces métalliques. Cet appareil était en communication, par un tube gros et court, avec une pompe moléculaire Gaede tournant constamment pendant les expériences; la pression dans l'appareil était toujours très inférieure à $10^{-4}$ mm de mercure. Par suite de la faible distance entre l'anode et la cathode et de la présence d'écrans métalliques dans l'appareil, le champ électrique intense n'existait que dans un tout petit volume, rendant ainsi très improbable le choc d'un électron avec une molécule du gaz restant.

Un canaliseur multitubulaire supprimait les rayons obliques émis par l'anode. En définitive, un faisceau peu divergent traversait la membrane mince et entrait dans une chambre d'ionisation cylindrique à électrode axiale de $16^{cm}$ de profondeur.

Une description détaillée du montage expérimental sera donnée ultérieurement.

*Résultats.* — *a.* Nous avons d'abord cherché à déterminer quelle est la plus faible différence de potentiel, entre l'anode et la cathode, sous laquelle apparaissent les rayons mous.

Dans cette expérience, la membrane avait $2.10^{-5}$ cm d'épaisseur. Le courant thermo-ionique était de $25.10^{-3}$ ampère.

L'électrode isolée de la chambre d'ionisation était réunie soit à un électroscope, soit à un électromètre et un quartz piézo-électrique.

Pour avoir, avec le montage électrométrique, une sensibilité analogue à celle de l'électroscope, on établissait, dans la chambre d'ionisation, un champ suffisant pour multiplier par chocs, les ions produits.

La pression dans la chambre d'ionisation était suffisante pour absorber complètement le rayonnement ($0^{cm},2$ à $0^{cm},5$ de mercure).

Nous avons pu déceler ainsi un rayonnement ionisant pour 70 volts entre

l'anode et la cathode. La cathode était en tungstène, l'anode en cuivre recouvert légèrement de tungstène par pulvérisation cathodique pendant les premiers instants de fonctionnement de l'appareil. Ce rayonnement, qui devenait important pour 100 volts, s'est montré indépendant des soins apportés à la réalisation d'un vide élevé et à l'élimination des gaz occlus par les électrodes.

La longueur d'onde minimum du spectre continu produit par l'arrêt d'électrons lancés par 70 volts, déterminée par la relation du quantum est de $175.10^{-8}$ cm soit six fois plus courte que l'ultra-violet de Schumann.

*b*. Nous avons cherché à déterminer comment varie le courant d'ionisation donné par l'absorption totale du rayonnement, en fonction de la tension entre l'anode et la cathode (de 120 à 600 volts). On remarque, à 300 volts, un changement brusque dans l'orientation de la courbe, le courant d'ionisation augmentant alors très rapidement avec la tension.

Différents gaz (oxygène, azote, acétylène) ont donné des courbes d'ionisation totale identiques.

*c*. Nous avons cherché à déterminer l'influence de la nature de l'anode sur l'intensité et la nature du rayonnement.

1° Par la méthode photographique : Un filament de tungstène incandescent est tendu à une faible distance ($0^{cm},05$) au-dessus d'une anode formée de plusieurs substances (carbone, aluminium, cuivre) assemblées sur le même plan. Une image de cette anode est donnée par une chambre photographique vide d'air, dont l'objectif est formé par un petit trou de $0^{cm},01$, fermé par une feuille d'aluminium de $0,6.10^{-4}$ cm, ceci pour éliminer les radiations lumineuses provenant du filament. L'image était très bonne, on voyait parfaitement l'ombre du filament mais on ne distinguait pas la séparation entre les trois substances qui produisaient exactement le même rayonnement. Les tensions entre l'anode et la cathode ont varié entre 600 et 1750 volts.

2° Par la mesure du courant d'ionisation : Dans l'expérience précédente, une cause d'erreur pouvait provenir du léger dépôt de tungstène qui recouvrait les trois substances et qui provenait de la pulvérisation cathodique ; nous avons donc repris le montage avec chambre d'ionisation ; le filament de tungstène fut remplacé par un filament de carbone et l'anode recouverte d'un épais dépôt de noir de fumée. Les courbes des courants d'ionisation donnés par absorption totale du rayonnement se sont montrées absolument identiques entre 120 et 600 volts. Ce résultat est en contradiction avec

celui obtenu par M^lle Laird (¹) qui croit avoir pu mettre ainsi en évidence la radiation caractéristique K du carbone.

*d.* Nous avons cherché à déterminer le coefficient d'absorption, dans différents gaz, des rayons X mous.

A cet effet, pour chaque gaz, on a déterminé, pour différentes valeurs de la différence de potentiel entre l'anode et la cathode, la variation du courant d'ionisation $I_x$ en fonction de la pression (ou de l'épaisseur $x$ équivalente de gaz à la pression atmosphérique). Le coefficient d'absorption est donné par la relation

$$I_x = I_\infty (1 - e^{-\mu x}).$$

$I_\infty$ est la valeur du courant d'ionisation correspondant à l'absorption totale du rayonnement. Le coefficient $\mu$ varie généralement peu avec l'épaisseur de gaz traversé. Il diminue cependant légèrement lorsque la filtration du rayonnement devient plus importante. Dans le Tableau suivant, nous donnons l'ordre de grandeur du coefficient $\mu$ minimum de l'azote pour chaque tension V de façon à pouvoir le rapporter à la longueur d'onde minimum $\lambda_{min}$ du spectre continu, qui est donnée par la relation du quantum.

*Azote.*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V en volts | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 |
| $\mu_{min}$ en $\frac{1}{cm}$ | 90 | 73 | 50 | 37 | 32 | 23 | 17 | 14 | 11 | 9,5 |
| $\lambda_{min}$ en $10^{-8}$ cm | 100 | 87 | 76 | 68 | 61 | 55 | 51 | 47 | 44 | 41 |

Des mesures sont en cours avec différents gaz.

PHYSIQUE. — *Mesure de l'intensité lumineuse diffusée par l'argon. Nouvelle détermination de la constante d'Avogadro.* Note de M. **J. Cabannes**, présentée par M. Villard.

I. La diffusion de la lumière par les gaz transparents est un fait expérimental actuellement bien établi (²). J'ai cherché à déterminer avec précision le rapport R entre l'intensité J diffusée latéralement par $1^{cm^3}$ d'*argon* et

(¹) E. Laird, *Phys. Review*, avril 1920.

(²) J. Cabannes, *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 62; t. 168, 1919, p. 340. — Smoluchowski, *Bull. int. de l'Acad. des Sc. de Cracovie*, 1916, p. 218. — R.-J. Strutt, *Proceedings of the Royal Society*, t. 94, 1918, p. 453; t. 95, 1918, p. 155. — R.-W. Wood, *Philosophical Magazine*, t. 39, 1920, p. 423.

l'éclairement E d'un plan normal au faisceau lumineux incident. Le gaz était éclairé par la radiation 4358 de la vapeur de mercure, isolée par des cuves absorbantes.

Soit $\varepsilon$ l'éclat de la masse gazeuse : c'est la grandeur directement mesurable; elle est liée à l'intensité J par la relation $J = \frac{\varepsilon}{h}$, $h$ désignant la profondeur du volume éclairé comptée suivant le rayon diffusé, et l'on peut écrire

$$R = \frac{1}{h}\frac{\varepsilon}{E}.$$

Pour éliminer toute cause d'erreur provenant de l'évaluation des aires des diaphragmes et des pertes de lumière à travers les différents milieux, au lieu de mesurer directement la quantité $\frac{\varepsilon}{E}$, j'ai comparé l'éclat $\varepsilon$ à l'éclat $\varepsilon_1$ d'un diffuseur solide (porcelaine de Lummer) introduit momentanément dans le récipient à gaz et incliné à 45° sur le faisceau primaire. Soit $\alpha$ le rapport préalablement mesuré entre l'éclat du diffuseur solide et l'éclairement qu'il reçoit. On a

$$\varepsilon_1 = \frac{\alpha E\sqrt{2}}{2} \quad \text{et} \quad R = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}\frac{\alpha\sqrt{2}}{2h}.$$

La détermination de $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}$ présente seule de réelles difficultés qui proviennent de ce que $\varepsilon_1$ est environ $3 \times 10^6$ plus grand que $\varepsilon$.

On utilise une source auxiliaire d'éclat variable à laquelle on compare successivement par photographie $\varepsilon$ et $\varepsilon_1$. C'est la fente d'un spectrophomètre (éclairée par le même arc au mercure que le récipient à gaz) qui joue le rôle de source de comparaison. Un jeu de cuves absorbantes permet de réduire dans un rapport connu l'éclat de la raie 4358.

*Première expérience.* — On détermine l'épaisseur H du liquide absorbant qui donne dans le spectroscope une image photographique de même densité que l'image de la source $\varepsilon$. Les deux poses se font simultanément.

*Deuxième expérience.* — On met en place le diffuseur de porcelaine et l'on détermine comme précédemment l'épaisseur $h$ qui correspond à l'éclat $\varepsilon_1$. Le rapport cherché a comme valeur

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_1} = e^{-k(H-h)}.$$

Les deux expériences sont complètement indépendantes; on peut de l'une à l'autre employer des plaques de sensibilité différente et faire varier considérablement le temps de pose. D'autre part cette méthode élimine complètement les erreurs que peut entraîner un changement dans le régime de la lampe.

Il faut connaître avec une grande exactitude le coefficient $k$ et sa loi de

variation avec la température [1]. Les méthodes classiques [2] donnent, avec une erreur relative voisine de 0,002, les coefficients d'absorption compris entre 2 et 3; l'erreur possible dans la mesure de $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}$ atteint $\frac{1}{60}$. Deux séries de mesures faites, l'une avec des cuves d'acide picrique étendu, l'autre avec des solutions de chromate neutre de potassium, ont donné comme valeur moyenne $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_1} = 3,34 \times 10^{-7}$.

J'en ai tiré

$$R = (1,34 \pm 0,05) \times 10^{-8}\,\text{cm}^{-1}.$$

On avait $\alpha = 0,1825$ et $h = 3^{\text{cm}},21$. Le gaz étudié contenait 91 pour 100 d'argon, 8,7 pour 100 d'azote et 0,3 pour 100 d'oxygène. Il était sous la pression normale à la température de 27°.

II. J'ai trouvé d'autre part que la polarisation de la lumière diffusée latéralement par l'argon est à peu près complète [3]; le degré de polarisation dépasse 0,985. Nous pouvons donc assimiler les molécules d'argon à des particules sphériques, leur appliquer la théorie de Lord Rayleigh [4], et nous arrivons ainsi au nombre d'Avogadro

$$\mathcal{N} = (6,90 \pm 0,25) \times 10^{23}.$$

Ce résultat paraît indépendant de toute hypothèse arbitraire; nous avons admis seulement que l'argon est constitué par des molécules isotropes qui se comportent comme autant de sources de lumière incohérentes dont il faut additionner les intensités. La valeur trouvée se rapproche d'ailleurs beaucoup des déterminations bien connues de Millikan ($6,07 \times 10^{23}$) et de Jean Perrin ($6,85 \times 10^{23}$). La dynamique classique et la théorie électromagnétique élémentaire, qui ont conduit à la formule de Lord Rayleigh, s'appliquent donc très exactement, dans le cas actuel, aux échanges d'énergie entre l'éther et les molécules.

---

(1) Le coefficient d'absorption d'une cuve de chromate ($0^{\text{g}},495$ de chromate neutre de potassium dissous dans un litre d'eau à 26°,6) a varié de 1,640 (à 15°) à 1,860 (à 35°). Celui d'une cuve d'acide picrique ($1^{\text{cm}^3},950$ d'une solution saturée à 25° mélangés à $500^{\text{cm}^3}$ d'eau) a varié de 2,665 (à 25°) à 3,115 (à 60°).

(2) G. Ribaud, *Annales de Physique*, t. **12**, 1919, p. 136.

(3) Ce résultat diffère de celui qu'avait obtenu précédemment R.-J. Strutt (*Proceedings of the Royal Society*, vol. **95**, 1918, p. 165).

(4) Lord Rayleigh, *Philosophical Magazine*, vol. **47**. 1899, p. 375.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse thermochimique des solutions.* Note (¹) de MM. **Chauvenet**, **P. Job** et **G. Urbain**, présentée par M. A. Haller.

Une Note récente de M. Dubrisay (²), relative à un procédé thermique de détermination des sels complexes en solution, nous décide à publier les résultats de recherches interrompues par la guerre et très voisines des siennes. Dans des ordres d'idées analogues, nous citerons les travaux de MM. Baud et Gay, relatifs à la détermination des hydrates en solution (*Ann. de Ch. et de Phys.*, t. 8, 1911, p. 398) et ceux de M. R. Beckett Denisou (*Trans. of the Faraday Soc.*, t. 8, 1912, 1re Partie).

Des solutions équimoléculaires de divers sels sont mélangées deux à deux dans divers rapports, mais en maintenant constant le volume total. La chaleur de mélange est mesurée en tenant compte des chaleurs spécifiques des solutions. Nous appliquons de la sorte aux mesures thermochimiques la méthode des variations continues. Les courbes présentent tantôt des maxima et tantôt des minima, suivant que les chaleurs de mélange sont positives ou négatives. La position de ces points privilégiés correspond aux rapports suivant lesquels les deux réactifs sont susceptibles de réagir :

Soient AB la molécule dissoute dans le premier réactif et CD la molécule dissoute dans le second. L'équation chimique étant de la forme

$$m\,\mathrm{AB} + n\,\mathrm{CD} \rightleftharpoons p\,\mathrm{A}^r\mathrm{C}^s + q\,\mathrm{B}^u\mathrm{D}^v,$$

on a

$$pr = qu = m,$$
$$ps = qv = n.$$

Soient $a$, $b$, $c$ les concentrations de AB, de CD et de $\mathrm{A}^r\mathrm{C}^s$ lorsque l'équilibre est atteint. Soit $\alpha$ un coefficient de proportionnalité et $x$ le volume de l'un des réactifs; le volume total étant pris égal à 100 :

$$\alpha x = a + cr,$$
$$\alpha(100 - z) = b + cs.$$

La loi d'action de masse s'exprimera par l'équation

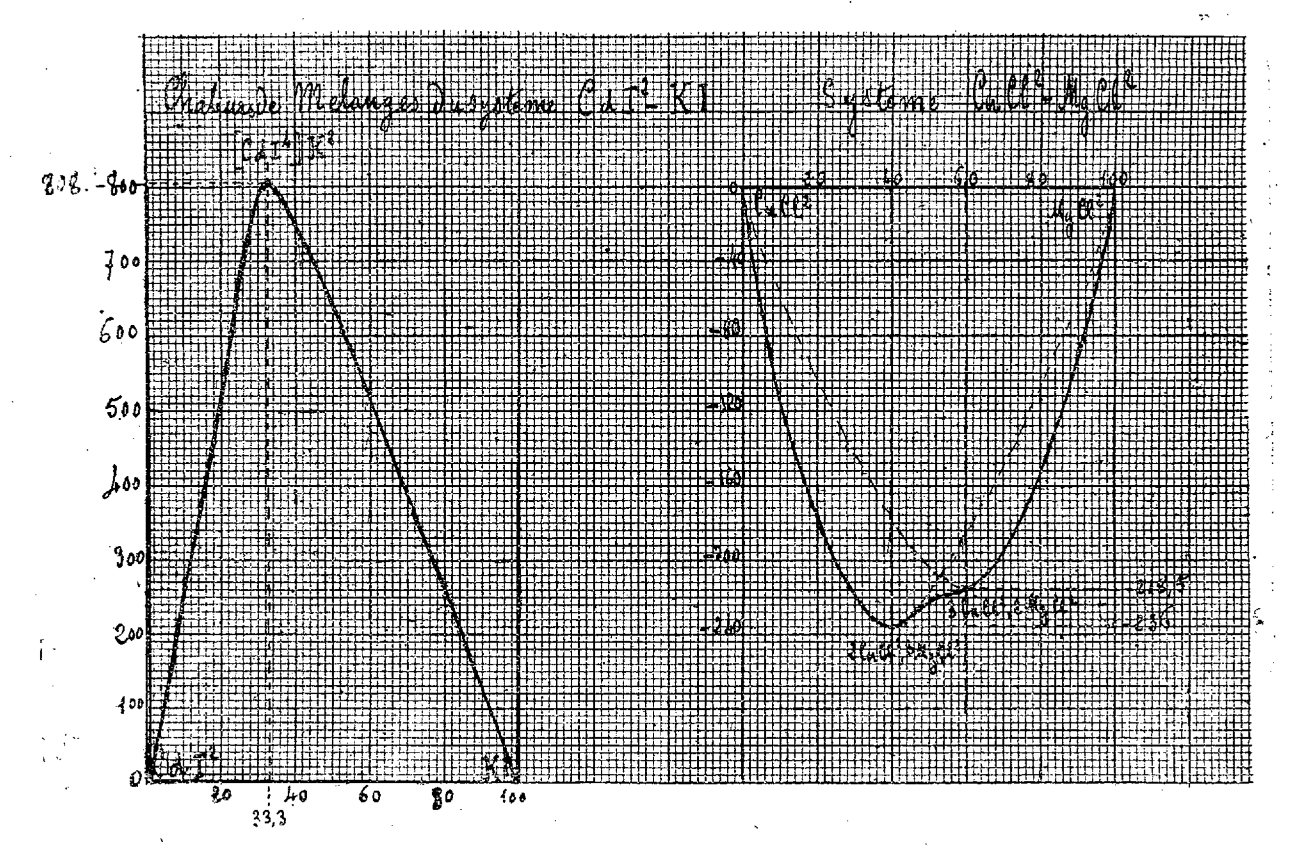
$$k\,a^m\,b^n = \left[\frac{q}{p}\right]^q c^{p+q}.$$

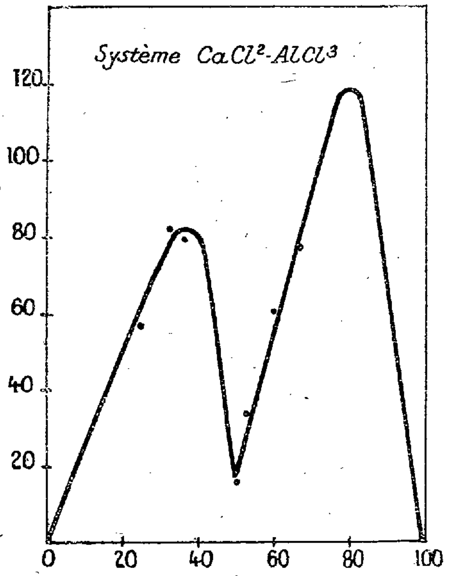
Enfin la chaleur dégagée doit admettre un maximum pour

$$\frac{dc}{dx} = 0.$$

(¹) Séance du 19 juillet 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1520.




Système CaCl²-AlCl³
120
100
80
60
40
20
0
20
40
60
80
100

En combinant ce système d'équations, on obtient

$$\frac{x}{100 - x} = \frac{m}{n}.$$

Si les deux réactifs peuvent donner des combinaisons différentes, comme c'est le cas pour le chlorure de cuivre et le chlorure de magnésium, la courbe présente quelque singularité telle que celle qui peut être constatée sur le diagramme ci-contre relatif à ce système de corps.

Les rayons de courbure aux maxima sont d'autant plus petits que les réactions sont plus complètes. Lorsqu'il n'y a pas réaction, on peut cependant constater un petit phénomène thermique attribuable à la dilution de chacun des réactifs dans le volume total qui lui est offert. Toutefois, les mélanges de KI et NaI, de KCl et NaCl, de $CaCl^2$ et $BaCl^2$ ne donnent lieu à aucun phénomène thermique appréciable. Cette méthode de détermination des sels complexes présente l'avantage de laisser des nombres intéressant leur thermochimie.

Le premier des diagrammes ci-contre se rapporte aux mélanges de $CdI^2$ et KI. Les résultats observés recoupent ceux qu'avaient obtenus, par la méthode cryoscopique, M. Cornec et l'un de nous [1]. Le maximum de la courbe admet un très petit rayon de courbure, et correspond à la combinaison complexe $[CdI^4]K^2$. Les diagrammes relatifs aux mélanges de $CdI^2$ et $NH^4I$ et $CdI^2$ et NaI sont du même type.

Le second diagramme rélatif aux mélanges de $CuCl^2$ et $MgCl^2$ montre que l'existence des sels doubles $2CuCl^2, 3MgCl^2$ et $3CuCl^2, 2MgCl^2$ est très probable. La forme particulière de la courbe montre qu'elle doit être l'enveloppe de deux courbes relatives à chacun de ces composés. Le prolongement probable de chacune des courbes composantes a été tracé en pointillé. Les mélanges de chlorure de cuivre et de chlorure de calcium ont donné un diagramme présentant une particularité du même ordre qui rend probable l'existence des composés $2CuCl^2, 3CaCl^2$ et $CuCl^2, CaCl^2$.

Le troisième diagramme se rapporte à des mélanges de chlorure de cuivre et de chlorure d'aluminium. L'existence de deux maxima fort nets révèle l'existence des composés $CuCl^2, 2AlCl^3$ et $2CuCl^2, AlCl^3$.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 119.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les variations de la radioactivité des sources de Bagnoles-de-l'Orne et leur relation avec la pluie.* Note de M. **P. Loisel**, présentée par M. Villard.

1. Dans une Note antérieure concernant la radioactivité de l'eau de la Grande Source de Bagnoles-de-l'Orne [1], j'ai attiré l'attention sur les variations importantes que j'avais constatées dans la teneur de cette eau en radium et en émanation dissoute.

Cherchant à déterminer la cause de ces variations, j'ai entrepris, au cours de cet été, une série de recherches. J'ai effectué pendant trois mois (juillet, août, septembre) un dosage quotidien de l'émanation du radium ainsi que du radium contenus dans l'eau de la Grande Source. J'ai également étudié, à titre de comparaison, la radioactivité de la Source des Fées, ferrugineuse froide (13°), analogue à la plupart des sources du pays. J'ai noté d'autre part, chaque jour, la pression barométrique, la température et la quantité de pluie tombée.

L'eau était recueillie au griffon dans trois bouteilles fermant hermétiquement. L'émanation du radium, chassée par ébullition d'un demi-litre de l'eau étudiée, était dosée par la méthode classique. Un second dosage, effectué trois jours après avec l'eau de la seconde bouteille, permettait de calculer la quantité de radium dissoute.

Soient, en effet, $q_1$ la quantité d'émanation trouvée lors du premier dosage, $q_2$ la quantité trouvée par le second, $t_1$ le temps écoulé entre les deux dosages; on a

$$q_2 = q_1 e^{-\lambda t_1} + X(1 - e^{-\lambda t_1}),$$

X étant la quantité de radium dissoute, $\lambda$ la constante de l'émanation.

2. La radioactivité des deux sources de Bagnoles a, pendant ces trois mois, subi des variations considérables, variations dont les unes peuvent se relier aux chutes de pluie et dont les autres, beaucoup plus faibles et d'allure beaucoup plus lente, se relient à une cause que je n'ai pas pu encore déterminer complètement.

1° *Source des Fées, froide* (13°), *débit moyen : 139$^l$ à l'heure.* — L'eau de la Source des Fées contient en dissolution de l'émanation du radium. Cette émanation apparaît dans l'eau en quantité maxima de 5 jours à 8 jours après une chute de pluie et les maxima ont une valeur d'autant plus grande que la chute de pluie, à laquelle ils correspondent, a été plus abondante.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 791.

| Hauteur de pluie en millimètres. | | Quantité d'émanation dissoute par litre en millimicrocuries. | | Intervalle. |
|---|---|---|---|---|
| 17 juillet | 4 | 22 juillet | 1,96 | 5 jours |
| 24 » | 42 | 30 » | 10,14 | 6 » |
| 27 » | 32 | 4 août | 4,48 | 8 » |
| 5 août | 15 | 12 » | 3,24 | 7 » |
| 18 » | 4 | 25 » | 2,81 | 7 » |
| Moyenne des intervalles | | | | 6,6 |

Entre ces maxima, la teneur en émanation prend une valeur minima moyenne de 1 millimicrocurie fin juillet, valeur qui va constamment en augmentant et atteint, fin août, 1,8 millimicrocurie. Si l'on calcule la différence entre la valeur maxima observée et la valeur minima moyenne à la même date, on constate que l'excès d'émanation dissoute varie dans le même sens que la hauteur de pluie sans, toutefois, lui être rigoureusement proportionnelle.

2° *Grande Source thermale* (26°), *débit moyen : 24000*[1] *à l'heure.* — Comme pour les Fées, la quantité d'émanation dissoute est sous la dépendance de la pluie, l'intervalle entre la chute de pluie et le maximum correspondant oscillant entre 8 et 13 jours.

| Hauteur de pluie en millimètres. | | Quantité d'émanation dissoute par litre en millimicrocuries. | | Intervalle. |
|---|---|---|---|---|
| 17 juillet | 4 | 29 juillet | 1,79 | 12 jours |
| 24 » | 42 | 3 août | 3,21 | 10 » |
| 27 » | 32 | 5 » | 2,49 | 9 » |
| 5 août | 15 | 16 » | 2,77 (1) | 11 » |
| 18 » | 4 | 27 » | 2,26 | 9 » |
| Moyenne des intervalles | | | | 10,2 |

La valeur minima moyenne est légèrement inférieure à celle trouvée pour la Source des Fées, 0,8 millimicrocurie pour juillet, 1,3 millimicrocurie pour août et septembre. De plus, les maxima sont moins accentués et la proportionnalité entre la teneur en émanation et la hauteur de pluie moins visible.

En plus de l'émanation du radium, l'eau de la Grande Source contient des sels de radium dissous en quantité plus ou moins élevée. Les mesures que j'ai exécutées ne m'ont pas permis, jusqu'ici, de mettre en évidence la cause des variations constatées.

3. Il existe donc une relation étroite entre la teneur en émanation des sources de Bagnoles et la quantité de pluie tombée. Après un parcours

---

(1) Quantité d'émanation un peu élevée. La pluie n'ayant cessé de tomber pendant 3 jours, la hauteur à laquelle cette quantité correspond est en réalité de $37^{mm}$.

souterrain de plus ou moins longue durée, au cours duquel elle se charge d'émanation au contact de terrains radifères, l'eau de pluie réapparaît à la surface mélangée ou non à des eaux d'origine plutonienne. Dans le premier cas (Grande Source), par suite de la dilution, les maxima sont peu accentués; dans le second au contraire (Fées), l'écart entre les valeurs minima et maxima est considérable.

Il est permis de penser que la relation que nous venons de mettre en évidence est absolument générale, l'intervalle de temps s'écoulant entre la chute de pluie et l'apparition de l'émanation dans les sources dépendant de la nature des terrains traversés. Il serait intéressant, tant au point de vue géologique et minéralogique qu'au point de vue de la thérapie, d'étudier le plus grand nombre de sources possible, différant par leur origine, leur thermalité et leur composition chimique.

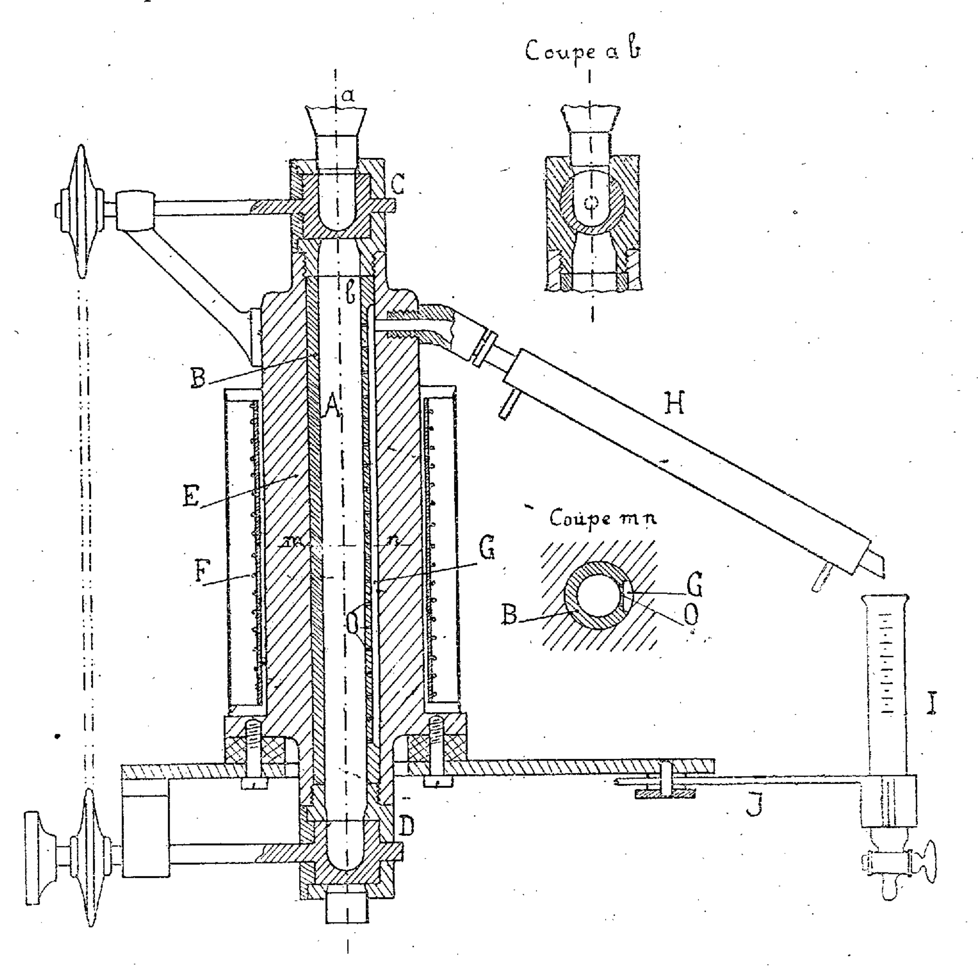
CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Indicateur automatique de la teneur en humidité dans les céréales*. Note (¹) de M. **Marcel Chopin**, présentée par M. Schlœsing.

La pratique du nettoyage des blés par mouillage suivi d'un séchage rapide, ainsi que l'influence de la teneur en eau sur les résultats de la mouture, rendent très utile la connaissance constante de cette teneur. Le procédé classique de dessiccation à l'étuve étant impuissant à donner ce résultat d'une façon suivie, et surtout en temps utile, nous avons, à l'instigation de MM. Ernest et Marcel Vilgrain, réalisé un analyseur automatique de la teneur en eau, applicable aux céréales, plus généralement aux substances pulvérulentes ou granulaires, et opérant sur un prélèvement continu de ces diverses substances.

La figure ci-contre représente cet appareil dans ses organes essentiels. Il comprend une chambre de chauffe A, de forme cylindrique, limitée par la douille B. L'introduction du blé dans la chambre et sa vidange sont assurées par les valves à dosage volumétrique C et D, dont les boisseaux sont animés d'un lent mouvement de rotation. La capacité de jaugeage de C étant supérieure à celle de D, la chambre est toujours remplie de blé, et le réglage du débit est effectué par la valve D. Le cylindre de fonte E sert de liaison aux deux valves; il porte la résistance électrique de chauffage F contrôlée par un régulateur de température. Une rainure longitudinale G en relation avec A par les petits orifices O collecte la vapeur, et la conduit dans le condenseur H.

(¹) Séance du 26 octobre 1920.

L'eau condensée peut être recueillie alternativement dans deux éprouvettes telles que I, graduées en pour 100 d'humidité, et portées par le secteur J. La substitution rapide d'une éprouvette à l'autre se fait automatiquement à l'aide d'un dispositif électromécanique, non représenté sur la figure, solidaire du mouvement des valves. Il en résulte que les indications de l'appareil sont, dans des limites pratiques, indépendantes de la vitesse de rotation, la collecte de l'eau dans une éprouvette s'opérant, non dans un temps constant, mais durant un nombre déterminé de rotations de la valve de vidange.



Indicateur automatique d'humidite.

On distingue donc, dans cet appareil, le passage d'un courant de blé à débit constant dans une chambre dont les parois sont maintenues à une température constante, assez élevée pour déterminer la dessiccation presque

complète du blé, sans toutefois provoquer un départ sensible de matières volatiles. Dans ces conditions, la quantité de vapeur émise dans un temps donné par le blé compris dans la chambre, est évidemment représentative de sa teneur en eau. La seule cause d'erreur systématique résulte du fait qu'en substituant un dosage volumétrique à une pesée, on fait intervenir le poids spécifique apparent du blé torréfié. Nous avons constaté que les blés naturels, dont les poids spécifiques sont généralement compris entre 0,70 et 0,80, donnent des blés torréfiés dont les poids spécifiques sont compris entre 0,63 et 0,67. L'erreur moyenne qui en résulte est donc acceptable.

L'appareil qui vient d'être décrit est en marche continue, depuis août 1919, aux Grands Moulins de Nancy, où il contrôle les blés à la sortie des conditionneurs. Il présente les caractéristiques suivantes : longueur et diamètre de la colonne de chauffe : 410$^{mm}$ et 30$^{mm}$; intervalle de temps entre deux lectures : une heure (en vitesse normale); débit horaire en blé torréfié : environ 310$^{g}$; température de l'enceinte : 230°; constante de l'appareil : 3,24 (en centimètres d'eau recueillie correspondant à 1 pour 100 d'eau dans le blé essayé).

Pendant cette période de fonctionnement, la constante de l'appareil est demeurée invariable; toutefois il a été nécessaire de procéder mensuellement à un nettoyage des parties internes. Des essais préliminaires avaient montré qu'il existe une proportionnalité très satisfaisante entre la teneur en eau et le poids d'eau recueillie. Ces essais portaient sur 18 blés de nature ou de traitements différents. L'erreur moyenne évaluée en pour 100 du poids d'eau condensée était de 2 pour 100, et l'écart maximum observé était de 4,4 pour 100.

Il convient d'observer que cet appareil peut être utilisé au contrôle de substances autres que les céréales et qu'il peut être employé au dosage continu de constituants autres que l'eau.

GÉOLOGIE. — *Cristaux de feldspath et de quartz dans les calcaires du Trias moyen d'Alsace et de Lorraine.* Note (¹) de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. H. Douvillé.

Les très petits cristaux qui font l'objet de cette Note peuvent être isolés facilement en attaquant par un acide les calcaires qui constituent la formation que les géologues nomment communément Muschelkalk. On les trouve en abondance dans les roches du Muschelkalk supérieur.

(¹) Séance du 26 octobre 1920.

Les cristaux de quartz ont la forme du prisme terminé par les deux rhomboèdres $\left(e^2 pe^{\frac{1}{2}}\right)$. Ils contiennent en inclusion de très menus granules de carbonate de chaux.

Les cristaux de feldspath ont la forme simple d'un parallélépipède, et leurs six faces ont souvent un tel développement relatif qu'ils ressemblent à des rhomboèdres.

Ils sont fréquemment aplatis suivant la base du parallélépipède : on peut alors observer que la plupart d'entre eux s'éteignent entre nicols croisés suivant les diagonales de cette base même, la grande diagonale coïncidant avec la vibration de plus grand indice. Ces cristaux ont donc nettement la forme monoclinique *mp*. Certains individus présentent en plus le pinacoïde $g^1$. Les angles plans des faces mesurent, en général, 116°, parfois 113° pour la base, 104° pour les faces du prisme. Ce sont là des caractères qui conduisent à rapprocher ce feldspath de l'orthose pour certains individus, du microcline pour d'autres, car il est des cristaux présentant des extinctions obliques sur les diagonales de la base conformes à ce que nécessiterait une identification à cette espèce. D'ailleurs, on rencontre des cristaux qui présentent au centre une extinction de microline et, sur les bords, une extinction à 0° comme dans l'orthose; fait du même ordre que celui qui fut déjà cité par Grandjean dans ses études des feldspaths de certaines roches sédimentaires [1].

La réfringence et la biréfringence de ces feldspaths ne laisse d'ailleurs aucun doute sur la classe à laquelle ils doivent être rapportés : ce sont des feldspaths sinon totalement, du moins essentiellement potassiques. Ils ne contiennent pas, comme le quartz, de petits granules de carbonate de chaux, mais ils sont riches en inclusions gazeuses, d'une teinte violacée.

Au microscope on voit très bien les plus gros des feldspaths dans les plaques minces des calcaires compacts d'apparence lithographique qui forment un équivalent du faciès connu sous le nom de *calcaire à entroques* (Trochitenkalk), et l'on peut observer que ces calcaires compacts sont constitués par l'accumulation de très petits granules identiques à ceux qui apparaissent en inclusion dans les cristaux de quartz; de sorte que nous sommes conduits à admettre que, dans de tels calcaires, feldspaths et quartz se trouvent en leur gisement originel.

Mais d'autres faciès de ces calcaires du Trias moyen nous apportent sur l'origine des feldspaths et des quartz qu'ils contiennent des notions plus précises encore.

C'est ainsi que le résidu de l'attaque aux acides des roches à débris de coquilles et des roches oolithiques montre, à côté de cristaux isolés de feld-

---

(1) GRANDJEAN, *Bull. Soc. fr. Min.*, t. 32, 1909, et t. 33, 1910.

spath et de quartz, des vermiculures formées d'une sorte de carapace constituée par l'accumulation de très petits quartz et de très petits feldspaths auxquels s'adjoignent des cristaux prismatiques de rutile.

L'examen des lames et celui des morceaux d'une roche incomplètement attaquée par l'acide permettent de bien observer les rapports de ces vermiculures avec les débris de coquilles ou les oolithes : les vermiculures *recouvrent* les débris de coquilles ou *s'appuient* sur les couches successives des oolithes; elles sont souvent spiralées, c'est-à-dire qu'elles se développent en spire à partir d'un point. Elles ne forment pas elles-mêmes des tubes à section complètement cylindrique, mais semblent constituer le recouvrement extérieur d'une sorte de cordonnet adhérent à la coquille ou à l'oolithe. Certaines de ces vermiculures montrent d'ailleurs des étranglements successifs qui marquent, semble-t-il, les traces de cellules primitivement situées bout à bout. A l'origine de ces vermiculures on ne voit aucun organe spécialement différencié.

L'idée qui vient tout naturellement à l'esprit, c'est d'assimiler ces agrégats de feldspaths, de quartz et de rutile aux gaines formées de matériaux d'origine minérale, qui se constituent autour de certains organismes inférieurs, et ce qu'on peut penser avec le plus de vraisemblance, c'est, dans le cas présent, que l'organisme ayant fixé ces cristaux était une algue.

S'il en est ainsi, il est bien évident que les cristaux dont il s'agit n'ont pu être fixés par l'algue que pendant le développement de celle-ci, c'est-à-dire lorsque s'élaboraient les éléments qui devaient constituer les matériaux du sédiment.

Feldspaths et quartz sont bien néanmoins des éléments de néoformation et point des éléments détritiques arrachés à des roches plus anciennes, d'abord parce que dans le quartz on voit ces granules calcaires que nous trouvons comme éléments essentiels d'un des dépôts contemporains, et puis parce que ces minéraux se trouvent également dans le calcaire granuleux élaboré aux dépens de débris de coquilles attaqués par de petites algues perforantes, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en examinant un grand nombre d'échantillons.

Quant au rutile, ses cristaux proviennent de la désagrégation de menues paillettes de mica dans lesquelles il se montre en abondance. Il est donc, lui, un élément détritique au même titre que ces micas et c'est à la faveur de la faculté de flotter au loin des fines paillettes de ce minéral qu'il a pu, bien qu'élément lourd, être entraîné dans une formation qui n'a pas de caractère essentiellement détritique.

Ces observations nous montrent d'une part que les cristaux de feldspath et de quartz ont pris naissance avant la consolidation des matériaux de la roche et d'autre part que l'algue dont ils constituent la gaine vivait en

même temps que se formait l'oolithe sur laquelle elle était fixée. Pour cette raison, elle ne peut être assimilée à une *algue perforante*. Nous la distinguerons des organismes de ce groupe en disant qu'elle est une *algue enveloppante*.

Dans nos publications antérieures ([1]), nous avons assimilé les algues perforantes, qui jouent dans la constitution des calcaires un rôle si important, aux Girvanelles observées par Nicholson dans un calcaire silurien de Girvan (Ayshire); nous nous demandons aujourd'hui si l'algue enveloppante ne répond pas mieux à la définition de *Girvanella* donnée par l'auteur anglais.

Quoi qu'il en soit, remarquons en terminant que dans les faciès dolomitiques de ces terrains la microstructure primitive, malgré l'envahissement du calcaire par la dolomie, est cependant partiellement conservée parce que les carapaces quartzeuses et feldspathiques des algues résistent à la dolomitisation. En lames minces on voit très bien, grâce à ce fait, le dessin primitif de la roche.

J'ajouterai que les feldspaths et le quartz dont je viens de donner les caractères ne sont pas particuliers aux roches d'une localité : on les trouve dans la plupart des faciès du « Calcaire coquiller » supérieur depuis l'Alsace jusqu'au Luxembourg.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence du* Juglans cinerea L. fossilis Bronn *dans la flore plaisancienne de Saint-Marcel-d'Ardèche.* Note de M. G. **Depape**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons eu déjà l'occasion de signaler dans le Plaisancien de Saint-Marcel-d'Ardèche la présence du *Ginkgo biloba* L. ([2]). Nous attirons de nouveau l'attention sur la flore de ce gisement et, en particulier, sur des restes attribuables au *Juglans cinerea* L. (*Juglans cathartica* Michx.).

Il s'agit de deux spécimens fossiles, recueillis par les soins de M. J. Estassy pour l'abbé N. Boulay, et conservés dans les collections de la Faculté libre des Sciences de Lille. L'un d'eux représente la coque d'une noix, longue de $40^{mm}$ et large de $25^{mm}$, à base obtuse et dont le sommet se termine en pointe courte. Les valves offrent ensemble huit côtes accen-

([1]) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 784 et 999.

([2]) *Sur la présence du* Ginkgo biloba L. *dans le Pliocène inférieur de Saint-Marcel-d'Ardèche* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 957).

tuées, d'épaisseur inégale, entre lesquelles des crêtes irrégulières et nombreuses délimitent des anfractuosités profondes. Cet aspect de la surface est des plus caractéristiques. L'autre échantillon est le moulage d'une noix à rugosités également accentuées, mais de taille plus grande, à sommet plus aigu et plus longuement atténué.

Des noix de forme identique se retrouvent dans la nature actuelle chez le *Juglans cinerea* L. de l'Amérique du Nord et dont nous avons vu des spécimens variés au Muséum d'Histoire naturelle de Paris.

De plus, les noix de Saint-Marcel sont bien identiques aux noix fossiles du Pliocène allemand que Geyler et Kinkelin (¹) et plus tard Engelhardt et Kinkelin (²) ont rapportées au *Juglans cinerea* L. *fossilis* Bronn. Avec ces auteurs, il est intéressant de noter que suivant l'opinion de C. de Candolle le *Juglans tephrodes* Ung. (³) du Pliocène d'Italie, paraît « tout à fait semblable au *J. cinerea* L. » (⁴) et que le *Juglans Goepperti* R. Ludw. (⁵), des lignites de Wetteravie n'est qu'une forme de la même espèce.

En résumé, le gisement plaisancien de Saint-Marcel-d'Ardèche est une nouvelle station européenne pour le *Juglans cinerea* L. Cette espèce, non signalée jusqu'ici dans la flore pliocène de France, est aujourd'hui limitée à l'Amérique du Nord, de même que les *Liquidambar*, *Liriodendron*, *Sassafras*,..., semblables à ceux qui se développaient à côté du *Juglans cinerea* L. dans la flore plaisancienne de la vallée du Rhône.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la variation diurne de la température dans l'Antarctique*. Note de M. **J. Rouch**.

Afin d'étudier les inversions de température avec l'altitude, qui se sont manifestées pendant l'hivernage du *Pourquoi-Pas?* à l'île Petermann dans

(¹) *Oberpliocän Floran aus den Baugruben des klärbeckens bei Niederrad und der Schleuse bei höchst a. M.* (*Abhandl. d. Senckenb. naturf. Ges.* Bd. 14, 1887, p. 31, Taf. III, f. 8-15).

(²) *Oberpliocän Flora und Fauna des Untermaintales, insbesondere des Frankfurter Klärbeckens* (*Abhandl. d. Senckenb. naturf. Ges.*, Bd. 29, H. 3, 1908, p. 236, Taf. XXX, f. 3-7).

(³) Unger, *Sylloge plantarum fossilium*, 1860, p. 38, Taf. XIX, f. 12-15.

(⁴) C. de Candolle, *Mémoire sur la famille des Juglandées* (*Ann. d. Sc. nat. Botanique*, 4ᵉ série, t. 18, 1862, p. 28.

(⁵) R. Luwig, *Pflanzen aus der jungsten Wetterauer Braunkohle*, p. 102, Taf. XXI. f. 9, 9*a*, 9*b*.

l'Antarctique, nous avons considéré à part les jours de beau temps ([1]). Or la variation diurne de la température présente ces jours-là une particularité intéressante : en outre du maximum ordinaire, qui s'observe aux environs de midi, il existe un maximum secondaire aux environs de minuit. Cette allure particulière de la variation diurne est très nette pendant l'hiver, elle est encore marquée en automne, elle est très atténuée et disparaît en été et au printemps.

J'ai considéré comme jours de beau temps les jours où la nébulosité est inférieure à 5. La variation diurne moyenne de la température est la suivante pour l'automne et pour l'hiver (toutes les températures sont au-dessous de zéro) :

*Automne.*

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9,64 | 9,62 | 9,72 | 9,97 | 10,15 | 10,12 | 10,15 | 10,13 | 9,82 | 8,70 | 8,03 | 7,59 |
| 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | 21. | 22. | 23. | 24. |
| 7,50 | 7,57 | 8,04 | 8,72 | 9,35 | 9,80 | 9,94 | 9,82 | 10,07 | 10,32 | 10,24 | 10,02 |

*Hiver*

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12,56 | 12,64 | 12,77 | 12,99 | 13,05 | 13,34 | 13,50 | 13,49 | 13,66 | 13,93 | 13,65 | 13,49 |
| 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | 21. | 22. | 23. | 24. |
| 13,45 | 13,39 | 13,83 | 13,93 | 14,21 | 14,48 | 14,52 | 14,63 | 14,41 | 13,97 | 13,35 | 13,05 |

En automne, le maximum de température principal a lieu vers $13^h$, et le maximum secondaire vers $2^h$ du matin. Les deux minima ont lieu vers $7^h$ et $22^h$.

En hiver, c'est la nuit, vers $1^h$ du matin, qu'a lieu le maximum principal; le maximum de la journée est très peu marqué vers $13^h$. Les deux minima ont lieu vers $10^h$ et vers $20^h$. En hiver, il fait moins froid pendant la nuit que pendant le jour : la hausse nocturne de température dépasse, en moyenne, 1°, et elle atteint parfois 4°.

Voici quelques exemples de journées caractéristiques :

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 498.

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 avril | 12,9 | 12,7 | 12,6 | 13,1 | 14,0 | 13,9 | 14,8 | 15,7 | 16,7 | 13,9 | 13,3 | 13,1 |
| 25 mai | 12,5 | 12,7 | 13,8 | 14,6 | 14,8 | 15,0 | 15,3 | 15,5 | 14,4 | 11,7 | 9,7 | 9,0 |
| 28 juin | 7,8 | 8,2 | 8,1 | 9,9 | 11,1 | 11,9 | 12,7 | 12,4 | 13,1 | 12,9 | 12,2 | 12,3 |
| 1 juillet | 14,7 | 14,1 | 15,2 | 15,1 | 14,4 | 15,1 | 15,2 | 14,8 | 15,0 | 16,7 | 15,4 | 16,0 |
| 9 juillet | 18,3 | 18,4 | 19,3 | 19,1 | 19,2 | 19,6 | 19,5 | 19,0 | 19,2 | 19,2 | 19,2 | 19,1 |
| 29 août | 14,7 | 15,3 | 16,0 | 16,4 | 17,1 | 18,1 | 18,2 | 19,1 | 19,4 | 19,9 | 19,3 | 18,5 |

| | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | 21. | 22. | 23. | 24. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 avril | 13,3 | 13,4 | 13,7 | 14,1 | 14,3 | 14,7 | 15,3 | 14,1 | 14,2 | 15,5 | 14,2 | 13,1 |
| 25 mai | 9,8 | 10,9 | 11,9 | 12,3 | 13,5 | 13,7 | 13,2 | 13,0 | 13,6 | 13,3 | 13,2 | 12,6 |
| 28 juin | 12,2 | 10,5 | 10,9 | 11,6 | 12,1 | 12,0 | 12,0 | 12,2 | 12,1 | 12,2 | 11,4 | 9,6 |
| 1 juillet | 15,1 | 15,6 | 16,1 | 16,4 | 15,7 | 16,4 | 16,1 | 14,9 | 14,5 | 14,0 | 12,5 | 12,0 |
| 9 juillet | 18,8 | 19,3 | 20,0 | 20,2 | 20,5 | 19,5 | 17,3 | 15,4 | 14,9 | 14,2 | 13,7 | 13,5 |
| 29 août | 19,9 | 19,4 | 19,9 | 20,3 | 20,9 | 21,5 | 21,5 | 21,8 | 22,0 | 19,9 | 18,3 | 17,0 |

La variation des autres éléments météorologiques pendant les jours considérés ne paraît pas être en relation avec la variation particulière de la température. La pression barométrique présente la variation habituelle que nous avons signalée avec un minimum dans la matinée, un maximum l'après-midi; la vitesse du vent est irrégulière; on n'observe pas de prédominance des vents du secteur nord, qui pourraient causer une hausse de la température pendant la nuit. Seule, la nébulosité, qui présente un léger minimum pendant le jour, pourrait avoir quelque rapport avec la variation de la température.

L'étude des observations d'autres expéditions antarctiques confirme la variation diurne de la température observée à l'Ile Petermann les jours de beau temps, et il s'agit là, à notre avis, d'un phénomène général pour l'Antarctique.

Pendant l'hiver, où la variation diurne de la température due au mouvement du Soleil est très faible, on observe, les jours de beau temps, une hausse de température pendant les heures qui correspondent à la nuit.

AGRONOMIE. — *Le réveil de la terre arable.*

Note (¹) de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Sous notre latitude, on observe, à la fin de l'hiver, une sorte de réveil de la terre arable qui, après une période de repos, et toujours à la même

(¹) Séance du 26 octobre 1920.

époque de l'année, reprend une activité plus grande se traduisant principalement par la germination des graines qu'elle renferme et l'apparition de petites herbes à sa surface; elle foisonne alors davantage, s'émiette plus facilement et dégage des vapeurs, sans doute par suite de la pullulation abondante de sa microflore demeurée pendant plusieurs mois engourdie.

Pour désigner ce retour rythmique à la vie, le cultivateur dit que « la terre est en travail ou en amour », et la cause de ce phénomène périodique est en général attribuée au relèvement de la température qui accompagne les premiers jours du printemps.

En réalité, le réveil de la terre ne dépend pas simplement d'une influence thermique; d'autres facteurs interviennent dans sa manifestation, car il ne suffit pas de placer artificiellement la terre dans des conditions d'humidité et de chaleur convenables pour assurer sa reviviscence, mais il est indispensable aussi qu'un temps de repos suffisant s'écoule avant de pouvoir constater le retour de la végétation avec toute son intensité.

Müntz et Gaudechon (¹), à la suite d'expériences méthodiques et d'analyses nombreuses, ont montré qu'en dehors de toute action possible de la température, qui était maintenue constante pendant la durée des essais, les actions microbiennes dont le sol est le siège, et principalement la nitrification, présentent un maximum d'activité à la fin de la saison hivernale. Ces auteurs rattachent cette sorte de prédilection des organismes microbiens pour une période déterminée, à un véritable fait d'atavisme qui expliquerait le réveil de la terre au printemps.

Il subsiste, à notre sens, dans cette explication, un élément mystérieux qui ne satisfait pas complètement notre esprit.

L'activité nitrifiante du sol acquiert bien effectivement une recrudescence à une époque fixe déterminée, mais l'interprétation de ce fait acceptée par les auteurs précités, admettant chez les bactéries la faculté d'un développement périodique, comme une ressouvenance atavique, ne s'accorde pas avec les propriétés générales des espèces microbiennes étudiées jusqu'ici, qui invariablement pullulent à un moment quelconque, dès qu'elles sont placées dans des conditions de milieu favorable. D'ailleurs, si nous isolons de la terre les microbes qui président à la nitrification pour les cultiver *in vitro* en bouillon approprié, nous ne retrouvons aucune trace de cet atavisme, et la végétation s'effectue, à température égale, aussi bien en automne qu'au printemps.

---

(¹) A. Muntz et H. Gaudechon, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 163; *Annales de la Science agronomique française et étrangère*, juillet, 1913, p. 1.

Ce raisonnement nous a conduit à chercher une autre cause au rythme saisonnier, et nous avons émis l'hypothèse que des produits toxiques, sécrétés par les racines des plantes, ou résultant de la transformation des débris végétaux après la chute des feuilles et la mort des plantes annuelles, pouvaient jouer un rôle dans le phénomène qui nous occupe; produits toxiques dont la destruction par fermentation, oxydation ou la dilution et l'entraînement par les pluies, exigent un certain temps.

Cette idée s'est trouvée confirmée par l'expérience suivante : Ayant prélevé, au mois de novembre, un échantillon de terreau [1] utilisé dans un jardin au cours de l'été précédent, nous avons divisé cet échantillon homogène en deux lots identiques; l'un des lots a été soumis à des lavages répétés à l'eau distillée, de façon à entraîner la plus grande partie des produits solubles qu'il pouvait contenir et l'autre simplement arrosé avec une eau distillée de même provenance.

A la température du laboratoire, nous avons vu apparaître en quelques jours, à la surface de la portion lavée, et végéter avec une grande rapidité, les petites herbes qui se développent habituellement au printemps, tandis que la fraction de terreau qui avait été seulement abondamment arrosée, demeurait stérile.

Le lavage avait éliminé des produits s'opposant à la germination des graines.

En extrayant, par épuisement méthodique, les agents toxiques de $10^{kg}$ du même terreau, et évaporant à basse température les eaux de lavage, de façon à les ramener au volume de $1^{l}$, nous avons obtenu une solution rougeâtre renfermant $28^{g}$ de produits solides totaux.

L'emploi, comme liquide d'arrosage, de cette solution s'oppose d'une façon absolue à toute germination, quelle que soit la saison ou le terrain dans lequel on opère.

Les graines immergées dans cet extrait pendant plusieurs jours, ne perdent pas la faculté de germer ultérieurement lorsqu'elles sont débarrassées, par un rinçage suffisant, des produits d'extraction qui ne semblent pas être de véritables toxiques, mais simplement des agents d'inhibition.

Ces corps empêchant tout développement de la graine, ne sont pas détruits ni même altérés par chauffage à l'autoclave à 130° pendant une demi-heure, et ne semblent par conséquent être constitués ni par des toxines, ni par des diastases.

---

(1) Nous avons choisi le terreau parce que c'est dans ce milieu que Müntz et Gaudechon ont constaté le phénomène rythmique qui nous intéresse, avec son maximum d'intensité.

L'étude chimique de ces substances, leur origine et les conditions de leur production font en ce moment l'objet d'une série d'études dans nos laboratoires.

Il semble que la découverte de procédés simples et pratiques permettant de les saturer ou de les détruire soit de nature à modifier et à améliorer, dans des limites considérables, les conditions économiques des cultures. Nous poursuivons également des recherches en ce sens.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les formations ligneuses anormales dans l'écorce de l'*Hevea Brasiliensis. Note de M. F. **Vincens**, présentée par M. L. Mangin.

On observe fréquemment sur l'*Hevea Brasiliensis* des déformations de l'écorce correspondant à des productions ligneuses anormales apparues dans son épaisseur. Elles peuvent se ramener à trois types :

Les plus fréquentes, à origine indiscutée, sont dues à la cicatrisation de blessures faites par les coolies saigneurs.

D'autres se présentent à l'extérieur sous l'aspect de mamelons arrondis, ayant seulement quelques centimètres de diamètre à leur base et généralement peu saillants. Le centre de ces déformations est toujours occupé par un noyau ligneux très dur, sphérique ou presque sphérique, profondément situé dans l'écorce; ce noyau est le plus souvent indépendant du bois normal, mais il est parfois uni à lui par un pédoncule court et mince. L'origine de ces formations est encore discutée.

Une troisième sorte de formations ligneuses anormales est constituée par des cordons ramifiés, dont le diamètre variable peut atteindre $1^{mm}$ à peine ou dépasser $1^{cm}$. Ces cordons se superposent les uns aux autres, se croisent, s'anastomosent et se soudent de manière à constituer des lames difformes à contours sinueux, très variables quant à leur épaisseur et à leurs dimensions. Les sections transversales d'un cordon isolé rappellent beaucoup la section médiane d'un nodule. Elles sont à peu près circulaires et montrent des stries concentriques et radiales dues à ce que les nodules et les cordons sont également constitués par des éléments ligneux, cellules et vaisseaux, disposés comme les éléments du bois secondaire. Dans les cordons, comme dans les nodules, le centre de chaque section paraît être occupé par des cellules mortes, ce qui a fait supposer une origine commune à ces deux sortes de formations. Des sections longitudinales faites dans les premiers montrent de façon incontestable qu'ils ne sont point formés de

nodules étroitement soudés les uns aux autres; on y distingue en effet des stries parallèles à l'axe, qui témoignent de la formation à peu près simultanée des couches également distantes de cet axe tout le long du cordon. La juxtaposition de nodules formés indépendamment les uns des autres et primitivement disposés en chapelet eut donné aux sections longitudinales un aspect tourmenté, qu'elles n'ont généralement pas.

Chaque cordon ligneux est entouré de couches génératrices donnant, au dehors, des formations libériennes dans lesquelles on rencontre quelques laticifères. Lorsque les cordons sont étroitement rapprochés les uns des autres, les assises génératrices se soudent en une assise commune entourant l'ensemble des nouvelles formations; c'est ainsi que se produisent des lames épaisses très complexes pouvant atteindre de très grandes dimensions. Ces productions ligneuses anormales se révèlent à l'extérieur par de grosses saillies difformes qui se succèdent, à intervalles plus ou moins rapprochés, suivant une direction parallèle ou à peu près parallèle à l'axe du tronc, et qui peuvent s'étendre progressivement sur celui-ci jusqu'à la base des grosses branches et des grosses racines.

L'origine de cette troisième sorte de formations ligneuses anormales est nettement différente, en Cochinchine, de celle qu'on leur a supposée ailleurs.

Rutgers rapporte quelques observations, faites à Java, d'après lesquelles il semblerait que la mort des cellules autour desquelles se forme chaque cordon est amenée par l'action du *Phytophthora Faberi*. Ces cordons ne seraient, dès lors, qu'une manifestation secondaire de la présence du parasite et succéderaient toujours au chancre à taches dont il provoque tout d'abord l'apparition.

D'après les observations que je poursuis depuis plusieurs mois dans quelques plantations de Cochinchine, l'intervention du *Phytophthora* n'est pas indispensable pour qu'il y ait formation de cordons ligneux; de plus, l'axe de ces cordons est toujours occupé par des laticifères et non par des cellules mortes quelconques. Ce dernier fait peut être mis en évidence en traitant les sections transversales faites dans les cordons ligneux par une solution alcoolique saturée de Soudan III; on voit alors la matière colorante se fixer sur les éléments morts qui en occupent le centre, et l'examen microscopique montre que c'est le contenu finement granuleux de ces cellules qui se colore. Ce contenu est soluble dans le chloroforme et la benzine, alors qu'il est insoluble dans la potasse bouillante. Si l'on examine l'extrémité des cordons, qu'ils soient isolés ou groupés en lames, on les voit s'atténuer brusquement en un filament grêle et peu consistant qui

qui se continue dans les couches à laticifères, au milieu desquelles il devient tellement ténu qu'il ne peut être suivi qu'au microscope, à l'aide des coupes faites dans l'écorce au delà des derniers cordons visibles. Ces coupes montrent la structure suivante : au centre, une ou plusieurs sections de laticifères renfermant du latex coagulé; puis, autour de ces sections, quelques assises concentriques de cellules ligneuses entourées elles-mêmes d'une assise génératrice donnant intérieurement de nouvelles cellules ligneuses et, extérieurement, un parenchyme renfermant quelques éléments scléreux semblables à ceux du tissu libérien normal qui l'entoure. Plus loin, on ne trouve plus de cordons aussi nettement définis, mais seulement des amorces constituées par quelques éléments scléreux entourant largement des laticifères dont ils sont séparés par des cellules subissant une division active avant de sclérifier leurs parois. Ce n'est que plus tard qu'une assise génératrice se formera autour de ces éléments scléreux qu'elle entourera de formations libéroligneuses.

J'ai vainement cherché un mycélium dans les régions de l'écorce où ils commencent à se montrer. D'autre part, je n'ai pu réussir à faire apparaître les fructifications du *Phytophthora* sur des fragments de cordons ligneux ou des fragments d'écorce, pris à la limite des lames, et placés en milieu humide. Par contre, dans de telles conditions, j'ai toujours obtenu une bactérie et, parfois aussi, un *Fusarium*. La bactérie s'est souvent montrée à l'état pur dans des cultures obtenues par ensemencement de débris aseptiquement prélevés dans l'axe de jeunes cordons ligneux.

L'absence de tout mycélium, au voisinage des lames ligneuses, rend l'intervention du *Fusarium* aussi peu probable que celle du *Phytophthora*. L'intervention du micrococque paraît plus admissible parce que l'on connaît de nombreuses bactéries capables de vivre dans le latex et de l'altérer.

Des essais d'infection ont été faits, il y a quelques semaines, à l'aide du *Fusarium* et du micrococque sans qu'aucune conclusion puisse encore être tirée de ces essais. Deux faits ont cependant été nettement mis en évidence par mes observations :

1° Des formations ligneuses anormales, lames et cordons, peuvent se former, indépendamment de toute infection, par le *Phytophthora Faberi*.

2° Les cordons ligneux et les lames qui en dérivent se forment autour de laticifères à contenu altéré et s'étendent peu à peu aux dépens des laticifères voisins.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur des tumeurs bactériennes expérimentales de l'Epicea.* Note de M. **Jean Dufrenoy**, présentée par M. L. Mangin.

Dans la forêt de Barèges, vers 1500$^m$-1700$^m$, des groupes de jeunes *Picea excelsa*, mélangés à des Pins chancrés, montrent des chancres ou des tumeurs *en chapelet*.

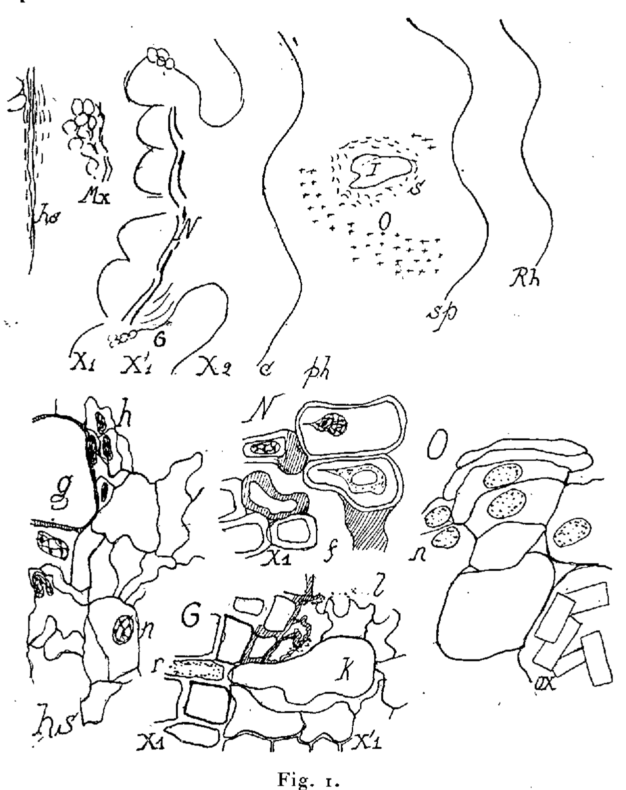



Fig. 1.

Fig. 1. — Coupe transversale d'une tumeur (schéma) (inoculation B; obj. imm. 1/15; oc. 1).
Rh, rhytidome; *sp*, assise subéro-phellodermique; I, inoculation; *s*, assise cicatricielle; O, tissu riche en prismes d'oxalate (OX); *ph*, phelloderme; *c*. cambium; $X_2$, bois formé en 1920; $X'_1$, bois de 1919 formé après l'inoculation; G, cellules géantes; N, assise nécrosée; $X_1$, bois normal de 1919 formé avant l'inoculation; *Mx*, moelle à cellules ligneuses brunies; *hs*, assise génératrice médullaire. — Au-dessous, détail des régions ci-dessus énumérées; *n*, noyau; *f*, fente lysigène bordée par des membranes brunies et montrant une fonte gommeuse; *l*, lacune bordée par des cellules géantes K; *r*, rayons médullaires; *hs*, G, N, O correspondent aux régions du schéma qui portent ces lettres.

Le chancre rabat le tronc horizontalement autour de sa face ventrale, déterminée par l'arrêt de croissance des assises génératrices. Sur les faces latérales et dorsale, le cambium au contraire exagère la production de bois riche en canaux et de tissu libérien. Au-dessus de la face ventrale du chancre, où la circulation libérienne est entravée, les anneaux ligneux

s'épaississent, le phelloderme s'hypertrophie, s'enrichit en chloroleucites et amyloleucites, se creuse de vastes canaux.

L'abondance des cellules à prismes d'oxalate est caractéristique des tissus chancrés.

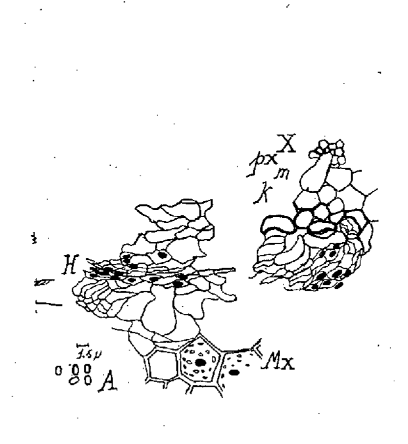



Fig. 2.

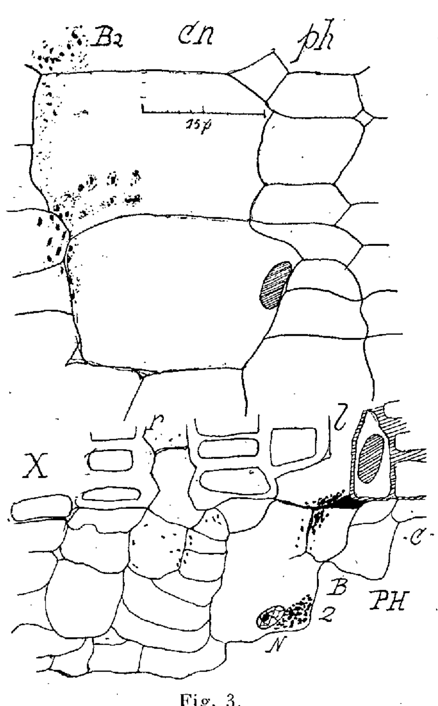



Fig. 3.

Fig. 2. — Assise génératrice médullaire (inoculation B).
H, assise de cellules en voie de division; M*x*, cellules médullaires nucléées, polyédriques, à membrane ligneuse ponctuée, souvent brunie; *k*, cellules géantes; *px*, protoxylème; X, bois; A, bactéries d'une culture sur arbutine gélatinée.

Fig. 3. — Liber de tumeur A
(coupe transv., coloration au violet phéniquée régressée à l'alcool amylique, obj. imm. 1/15, oc. 9). *ph*, cellules libériennes; *cn*, cellules cancéreuses; Bz bactéries dans leur zooglée; C, cambium; X, bois, *r*, rayon médullaire; *l*, fente lysigène; B, bactérie; *z*, zooglée bactérienne.

I. *Les chancres sont inoculables :* Des tiges de 1 an, inoculées en août 1919 par aiguille infectée dans le cambium d'un chancre, montrent en août 1920, aux points piqués, des tumeurs primaires. La piqûre du phelloderme s'est cicatrisée, tandis qu'à distance les assises génératrices montrent un arrêt local d'activité, avec bourrelet marginal formé de cellules peu différenciées; des îlots ligneux et libériens sont noyés dans des ramifications cancéreuses.

La moelle forme, aux dépens d'une assise génératrice radiale, une masse confuse de cellules cancéreuses, limitée par des assises subéreuses ou par les cellules polyédriques ligneuses dont les membranes brunissent.

L'une des tiges montre, à $5^{cm}$ et $9^{cm}$ au-dessus, à $5^{cm}$ au-dessous de la

tumeur primaire, des tumeurs secondaires plus petites, où une plage des assises génératrices ne forme plus qu'une masse volumineuse de cellules cellulosiques à gros noyau, recouverte de liège.

Des traînées de cellules médullaires brunies, et de cellules cancéreuses libériennes, s'observent entre les tumeurs.

Les cellules cancéreuses se colorent surtout en rouge par la méthode de Mann à l'éosine-bleu de toluidine.

La méthode de M. le Professeur Mangin, au bichromate de benzidine (1), colore en brun le bois sain, en brun orange le bois cicatriciel, le suber et les membranes brunies de la moelle, en brun clair les amas libériens, tandis que les tissus cancéreux cellulosiques peuvent être colorés par le congo ammoniacal.

II. Des bactéries de $0^{\mu},75 \times 0^{\mu},50$, réfringentes dans les coupes montées au chloralphénol, violettes après coloration au violet phéniqué régressé par l'alcool amylique, et incluses dans une zooglée gommeuse, infectant des cellules hypertrophiées, groupées en massifs ou en cordons ramifiés.

III. Ces bactéries se cultivent difficilement : infectées par des fragments de tumeur (dont la surface a été désinfectée au sublimé), l'agar peptoné glucosé brunit fortement (surtout à l'étuve à 30°-35°) et la solution d'arbutine (décoction de feuille d'*Arctos taphytos Uva-Ursi*) gélatinée montre des nuages bruns. Les bactéries, de $0^{\mu},75$ à $1^{\mu} \times 0^{\mu},50$, sont immobiles et prennent faiblement le gram.

ZOOLOGIE. — *Sur la reproduction des Lombriciens limicoles : Fécondation, segmentation, morphogénèse.* Note (2) de M. **J. Delphy**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une précédente Communication (3) j'ai déjà indiqué qu'il n'est guère facile d'observer les débuts du développement des Lombriciens limicoles thalassophiles, à cause de la rapidité avec laquelle s'effectue le développement, à partir de la ponte. Il est certain que la désagrégation des spermatozoïdes qui forment les spermatophores et que la fécondation s'effectuent, sinon pendant, au moins immédiatement après la ponte. C'est certainement ce qui explique que l'on n'ait pu observer jusqu'ici le phénomène si important et si facile à voir chez d'autres êtres de la pénétration du spermatozoïde dans l'ovule. Étant donné le très grand nombre de spermatozoïdes qui constituent un spermatophore, la plus grande partie de ces spermatozoïdes ne

(1) Cf. E. Foex, *Comptes rendus,* t. **170**, 1920, p. 1338, note (1).

(2) Séance du 26 octobre 1920.

(3) Voir *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 751.

joue certainement aucun rôle dans la fécondation et doit être absorbée comme matériel nutritif par les embryons en voie de développement ou peut-être plutôt par les ovules au moment même de la fécondation, un seul d'entre eux étant vraiment fonctionnel.

Mes recherches ont surtout porté, en général, sur le Clitellio, mais c'est chez l'Enchytréoïde que j'ai vu se produire le premier plan de segmentation, dans les conditions suivantes : un œuf non segmenté se présentait dans un cocon comme une masse finement granuleuse, avec la forme d'un ellipsoïde peu allongé, *ne présentant aucune membrane propre*, délimité simplement du milieu ambiant par la différence, à coup sûr grande, de tension superficielle. En ouvrant le cocon, sous le microscope, dans une goutte d'eau de mer, je mis cet œuf en liberté et ne tardai pas à le voir s'aplatir légèrement dans le sens vertical et s'entourer rapidement, presque instantanément, sans qu'il soit possible de saisir le processus de cette formation, d'une membrane translucide à double contour bien visible, de ce « chorion anhyste muqueux assez épais » dont parle M. Roule. Ce chorion persiste fort longtemps au cours du développement, mais ne devient réellement pas la culticule du ver [1]. Aussitôt cette membrane formée, l'œuf montre les premières traces d'un sillon médian perpendiculaire à son grand axe. Tout cela s'est passé très rapidement, *en quelques dixièmes de seconde* peut-être. Je n'ai vu ni spermatozoïdes, ni formation d'un cône d'attraction; je n'ai jamais rien vu qui rappelât les globules polaires. Cependant, si l'on réfléchit aux caractères de ces phénomènes, on ne peut y voir autre chose qu'une fécondation accompagnée même d'une polyspermie très probable.

Les processus morphogénétiques du développement embryonnaire de l'Enchytréoïde ont été fort bien décrits par M. Roule et je n'aurai guère à y ajouter. Je remarquerai seulement que les segmentations inégales anormales m'ont paru être encore plus rares sur les embryons que j'ai observés.

L'œuf du Clitellio est très généralement sensiblement sphérique; comme celui des autres Lombriciens limicoles, il est excessivement riche en vitellus, réparti uniformément sous forme de granulations très régulières d'environ $2^{\mu}$ de diamètre. Le chorion qui l'enveloppe est plus épais que celui de l'œuf de l'Enchytréoïde; alors que ce dernier fait environ le dixième du diamètre de l'œuf, celui de l'œuf du Clitellio en fait à peu près le tiers. La *segmentation*, malgré la richesse excessive de cet œuf en vitellus, *est totale et égale*. Il faut environ trente à quarante-cinq minutes pour que le premier sillon soit complet et ait séparé les deux premiers blastomères. Ceux-ci se par-

---

(1) Salensky admettait la persistance de cette membrane comme cuticule chez les Polychètes en règle générale; mais M. Roule a indiqué, dès 1889, des exemples pour lesquels cette manière de voir est fausse.

tagent assez régulièrement par des plans successivement rectangulaires les uns aux autres pour aboutir d'abord à une morula pleine, sphérique, formée de cellules remarquablement égales, donnant admirablement l'apparence d'une mûre. Les anomalies sont rares. Puis cette morula s'allonge à un certain moment dans une direction qui deviendra celle de la longueur de l'embryon; peut-être se différencient dès ce moment les régions céphalique et postérieure. L'archentéron a toujours, comme chez l'Enchytréoïde, une formation schizogénétique; il n'y a jamais ni embolie, ce qui n'est pas surprenant, celle-ci ne se produisant que chez des formes qui passent par une véritable gastrulation, ni épibolie, comme Kovalevsky l'a décrite chez l'*Enaxes* (= *Rynchelmis*) *limosella* Grube. Nous retrouvons donc ici les phénomènes de tachygénèse décrits déjà par M. Roule sous le nom de « condensation des processus embryonnaires ».

L'allongement et la métamérisation sont un peu plus précoces chez le Clitellio que chez l'Enchytréoïde. Mais à cela près les choses se passent de façon très semblable. La métaméridation débute toujours dans la région antérieure de l'embryon, dénotant une céphalisation considérable; c'est toujours le protoméride qui est le premier formé et les mérides successifs se séparent d'avant en arrière. En même temps, l'embryon acquiert progressivement les divers organes qui lui permettront de mener une vie libre. Alors on voit les embryons nager activement à l'intérieur du cocon et bientôt éclore. A ce moment les jeunes Enchytréoïdes ont environ une quinzaine de segments, les jeunes Clitellio en ont environ 30 à 40 (les adultes en ont respectivement une cinquantaine et plus de 100). Je n'ai jamais remarqué, ni chez l'Enchytréoïde ni chez le Clitellio, que les embryons usassent la paroi du cocon pour en sortir, comme le dit M. Roule. J'ai toujours vu au contraire, comme l'avait déjà observé V. Lemoine, l'éclosion se faire chez l'un comme chez l'autre, par l'un des pôles du cocon et jamais ailleurs, sauf accident. En effet, au moment où les embryons sont prêts à éclore, il est presque impossible de prendre des cocons de Clitellio si délicatement que ce soit, avec une aiguille à dissection par exemple, sans en expulser les embryons : c'est toujours par un des pôles du cocon que s'effectue cette sortie.

## PHYSIOLOGIE. — *Effets et constitution des anticorps.*

Note de MM. M. Nicolle et E. Césari, présentée par M. Roux.

Chaque antigène peut engendrer un anticorps spécifique. En présence des électrolytes, anticorps et antigènes se fixent les uns sur les autres, entraînant avec eux certaines substances auxquelles ils sont intimement liés. Cette fixation se traduit par les phénomènes de l'agglutination ou de

la précipitation, selon que les antigènes offrent la forme de cellules ou de micelles. Nous appelons coagulation (*largo sensu*) cette réunion d'éléments jusqu'alors disséminés au sein des liquides et, de fait, l'agglutination correspond simplement à la précipitation mutuelle des albuminoïdes cellulaires superficiels et des anticorps homologues. Telle est l'apparence *in vitro*. *In vivo*, l'interréaction se manifeste par la baisse d'activité des sérums, chez les animaux immunisés, après chaque réinjection d'antigène. Dans le cas des toxines, il s'y joint la neutralisation, bien connue, des effets nocifs; dans le cas des cellules, humeurs ou enzymes (atoxiques), on ne remarque rien d'apparent, à moins que n'éclatent les accidents d'hypersensibilité, lesquels ressortissent aux actions lytiques. Voici comment il faut concevoir ces dernières. Les compléments se fixent sur les systèmes antigènes-anticorps, puis les décoagulent.

La décoagulation ne consiste pas en un simple retour au *statu quo ante*, mais bien en une dislocation du complexe formé, ainsi que le montrent les aspects observés *in vitro* avec certains test-objets favorables (hématies, quelques bactéries) et leur absence, au moins apparente, quand il s'agit d'antigènes « durs » (noyaux des globules rouges, majorité des bactéries). *In vivo*, cytolyse, albuminolyse et toxinolyse se révèlent, lorsqu'elles sont brutales et étendues, par les symptômes classiques de l'hypersensibilité; autrement, on peut les reconnaître, dans le cas des microbes virulents, par le phénomène de la résistance spécifique, traduisant une destruction silencieuse. L'apparition de l'hémoglobinurie, chez les animaux « immunisés » contre les globules étrangers et recevant de nouveau ces cellules, établit, sans conteste, la réalité de l'acte lytique *in vivo*. Il nous semble évident que les antigènes, une fois décoagulés dans l'organisme, deviennent la proie des enzymes, qui les digèrent peu à peu.

Les diastases sont considérées, on le sait, comme des catalyseurs et cette notion doit certainement s'étendre aux toxines. Or, nous avons indiqué ailleurs que les anticorps représentent de véritables enzymes ou toxines « du second degré ». Faut-il y voir, également, des catalyseurs? Le fait qu'un sérum antivibrionnien peut se montrer efficace *in vitro*, sous le volume infime de $0,5.10^{-18}$ cm³, permettant l'action bactéricide de $2.10^{-2}$ cm³ de complément, justifie certes pareille conception.

Enzymes et toxines « du second degré » et susceptibles d'engendrer des substances « anti », les anticorps doivent posséder la structure générale des antigènes, que définit notre Communication précédente. Comment concevoir leurs effets? Le problème ne saurait être résolu intégralement, mais en précisant, ici encore, grâce aux vues nouvelles de J. Duclaux, les idées que nous défendons depuis longtemps, il devient possible de se figurer assez

convenablement les choses et de discerner les voies dans lesquelles il faudra diriger dorénavant les expériences.

Les antigènes et les anticorps se coagulent-ils mutuellement, par l'interréaction de leurs ions libres (véritable double décomposition) ou bien avons-nous affaire à de « simples phénomènes d'adsorption » (phénomènes dénommés tantôt physiques, tantôt physico-chimiques), comme paraît le démontrer l'ensemble des faits connus? La question n'offre qu'une importance relative, puisque J. Duclaux établit clairement que le mot adsorption résume, pour les systèmes hétérogènes, la série continue des états intermédiaires entre l' « association » physique et la « combinaison » chimique.

Le complexe antigène-anticorps, une fois formé, entraîne, avons-nous dit, avec lui certaines substances liées à ses deux générateurs; ce sont, notamment, les globulines du sérum « anti », grâce auxquelles les précipités spécifiques sont rendus visibles.

L'interréaction des antigènes et des anticorps ne se manifeste, on l'a vu, qu'en présence des électrolytes. Si l'on admet, comme nous, l'opinion de J. Duclaux, suivant laquelle toute coagulation traduit, finalement, la baisse de la pression osmotique des micelles colloïdales, c'est de ce côté qu'il faudra chercher l'explication du rôle des électrolytes.

Les compléments se fixent sur les systèmes antigènes-anticorps et les décoagulent. Comment a lieu cette décoagulation? Il est difficile de répondre nettement, car nous ne savons rien de positif touchant la nature des compléments. Cependant, on ne peut nier que le phénomène rappelle, de façon singulière, l'hémolyse, par les sérums normaux, des globules rouges préalablement traités par le sublimé; il y a là une indication fort importante.

Nous pensons avoir effectué, sans déformer les idées de J. Duclaux ni les nôtres, le « raccord » nécessaire entre les notions biologiques et les notions physico-chimiques. L'histoire des antigénes et des anticorps se trouve ainsi faire partie intégrante de l'histoire de substances évidemment très complexes, mais dénuées de tout caractère mystérieux.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 8 NOVEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. Henri DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement permanent des liquides.* Note [1] de M. L. Lecornu.

Dans le mouvement permanent d'un liquide, les trajectoires moléculaires sont des courbes fixes dont la disposition dépend des forces extérieures. Si les forces sont quelconques, on ne peut évidemment rien dire *a priori* sur cette disposition; mais il en est autrement dans le cas, particulièrement intéressant, où elles dérivent d'un potentiel. Nous allons voir en effet que les trajectoires vérifient alors une condition spéciale, en sorte qu'un ensemble quelconque de courbes ne saurait en général être regardé comme constituant un système possible de trajectoires pour le mouvement permanent d'un liquide, sous l'action de forces dérivant d'un potentiel.

Soient $u'$, $v'$, $w'$ les composantes de l'accélération totale au point M ayant pour coordonnées $x, y, z$. Soient U le potentiel des forces extérieures et P le quotient de la pression par la densité. On sait que l'expression

$$u'\,dx + v'\,dy + w'\,dz$$

est la différentielle de $-(P+U)$. Si R désigne le rayon de courbure de la trajectoire et V la vitesse, l'accélération totale a pour composantes $\frac{V^2}{R}$ suivant la normale principale et $\frac{dV}{dt}$ suivant la tangente. En appelant $ds$ le chemin parcouru dans le temps $dt$, on peut écrire : $\frac{dV}{dt} = V\frac{dV}{ds}$. D'autre

(1) Séance du 2 novembre 1920.

part, pour un filet fluide comprenant M et ayant une section transversale $\sigma$, le produit $V\sigma$ est constant sur la trajectoire, d'où $\frac{dV}{V} = -\frac{d\sigma}{\sigma}$ ou bien $dV = -V\theta\,ds$, avec la notation $\theta = \frac{1}{\sigma}\frac{d\sigma}{ds}$. Il vient ainsi $\frac{dV}{dt} = -V^2\theta$. La quantité $\theta$ a une signification purement géométrique : elle représente, suivant l'expression consacrée, la *divergence* de l'ensemble de vecteurs obtenu en réduisant toutes les vitesses à l'unité.

D'après cela, la direction de l'accélération totale se confond avec celle de la résultante du vecteur $\frac{1}{R}$ porté par la normale principale et du vecteur $-\theta$ porté par la tangente. C'est une direction dépendant uniquement de la disposition des trajectoires.

Soient $a, b, c$ les cosinus directeurs de la tangente et $a_1, b_1, c_1$ ceux de la normale principale. Posons

$$(1) \qquad A = \frac{a_1}{R} - a\theta, \qquad B = \frac{b_1}{R} - b\theta, \qquad C = \frac{c_1}{R} - c\theta.$$

Nous sommes conduit à la relation

$$(2) \qquad V^2(A\,dx + B\,dy + C\,dz) = -d(P + U)$$

d'après laquelle $A\,dx + B\,dy + C\,dz$ admet le facteur d'intégrabilité $V^2$, ce qui exige qu'on ait

$$(3) \qquad A\left(\frac{\partial B}{\partial z} - \frac{\partial C}{\partial y}\right) + B\left(\frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\partial A}{\partial z}\right) + C\left(\frac{\partial A}{\partial y} - \frac{\partial B}{\partial x}\right) = 0.$$

Telle est la condition annoncée.

Le calcul suivant aboutit, par la voie analytique, au même résultat. Dans un mouvement permanent, on a

$$u' = u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}.$$

Remplaçons $u, v, w$ par $aV, bV, cV$. Il vient :

$$u' = V^2\left(a\frac{\partial a}{\partial x} + b\frac{\partial a}{\partial y} + c\frac{\partial a}{\partial z}\right) + Va\left(a\frac{\partial V}{\partial x} + b\frac{\partial V}{\partial y} + c\frac{\partial V}{\partial z}\right).$$

L'équation de continuité donne d'autre part :

$$V\left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y} + \frac{\partial c}{\partial z}\right) + a\frac{\partial V}{\partial x} + b\frac{\partial V}{\partial y} + c\frac{\partial V}{\partial z} = 0.$$

Or $\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y} + \frac{\partial c}{\partial z}$ ne diffère pas de $\theta$. Donc :

$$u' = V^2\left(a\frac{\partial a}{\partial x} + b\frac{\partial a}{\partial y} + c\frac{\partial a}{\partial z} - a\theta\right).$$

Le trinome $a\frac{\partial a}{\partial x} + b\frac{\partial a}{\partial y} + c\frac{\partial a}{\partial z}$ est égal à la dérivée $\frac{da}{ds}$ prise suivant la tangente, c'est-à-dire, d'après l'une des formules de Frenet, à $\frac{a_1}{R}$. On retrouve ainsi la valeur $u' = V^2\left(\frac{a_1}{R} - \theta\right)$.

Revenons un instant sur la signification de $\theta$. On vérifie sans peine que cette quantité mesure la somme des courbures de deux lignes issues du point M, normalement aux trajectoires, dans deux plans rectangulaires se coupant suivant la tangente à la trajectoire de M. On sait que cette somme demeure la même, quels que soient les deux plans ainsi menés. Lorsque les trajectoires sont normales à une série de surfaces, $\theta$ est le double de la courbure moyenne de la surface passant en M. Si l'on convient de dire, dans tous les cas, que $\theta$ est le double de la courbure de la section droite du filet, on obtient le théorème suivant :

*Portons sur la tangente un vecteur qui mesure le double de la courbure moyenne de la section du filet, et, sur la normale principale, un vecteur qui mesure la courbure de la trajectoire, puis prenons la résultante de ces deux vecteurs. L'ensemble des directions de ces résultantes est normal à une famille de surfaces.*

Je désignerai ces surfaces par S. Il est clair que la surface S passant en M est tangente en ce point à la binormale, en sorte que chaque courbe enveloppe de binormales appartient à une surface S.

Deux cas particuliers méritent d'être signalés :

1° Quand les trajectoires sont rectilignes $\left(\frac{1}{R} = 0\right)$, elles coupent orthogonalement les surfaces S.

2° Quand la courbure des sections est nulle ($\theta = 0$), ou, ce qui revient au même, quand la vitesse est constante sur chaque trajectoire, ce sont les normales principales qui coupent orthogonalement lesdites surfaces.

Sur chaque surface S, l'expression $P + U$ est constante et la pression vérifie en conséquence la loi hydrostatique. D'autre part, si l'on appelle E la quantité $\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$, égale à $\sqrt{\theta^2 + \frac{1}{R^2}}$, l'équation (2), appliquée à un déplacement $dn$ normal à S donne

$$(4) \qquad V^2 E\, dn = -d(P + U).$$

On voit ainsi que $V^2$ varie, sur S, en raison inverse du produit $\frac{1}{E}\frac{d(P+U)}{dn}$, ou, plus simplement, en raison inverse de $E\,dn$.

D'après cela, la connaissance de la vitesse et de la pression en un point M, arbitrairement choisi, du liquide détermine entièrement, de la manière suivante, le mouvement de l'ensemble. D'abord on connaît, par la loi hydrostatique, la pression en tous points de la surface S passant par M; ensuite la valeur de V en ce point suffit pour y calculer $\frac{dP}{dn}$, d'où l'on déduit la valeur de cette dérivée, et par conséquent celle de V, dans toute l'étendue de S. Ceci fait, la condition de continuité fournit V dans le reste de la masse. Enfin, ayant partout V, et par conséquent $\frac{dP}{dn}$, une quadrature permet de calculer P, en un point quelconque N de lá masse, en fonction de la valeur prise par P au point de la surface initiale S situé sur la même trajectoire que N.

Il n'y aurait d'exception que si S était un lieu de trajectoires, circonstance qui, d'après (1), se produit quand $\theta$ est nul. C'est le deuxième des cas particuliers mentionnés ci-dessus; je le laisse ici de côté.

Quand on donne la vitesse en un point sans donner la pression, les vitesses se trouvent partout déterminées; mais les pressions ne sont alors connues qu'à une constante près. En multipliant toutes les vitesses par un même facteur arbitraire, on obtient la solution la plus générale.

Voici maintenant quelques remarques concernant les tourbillons.

Soient $p$, $q$, $r$ les composantes du tourbillon. On a, par définition :

$$2p = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} = V\left(\frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial b}{\partial z}\right) + c\frac{\partial V}{\partial y} - b\frac{\partial V}{\partial z},$$

et deux équations analogues pour $q$ et $r$. En posant $2\Delta = \Sigma a\left(\frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial b}{\partial z}\right)$, on tire de là

$$pa + qb + rc = V\Delta.$$

Le premier membre est la moitié de la projection du tourbillon sur la tangente à la trajectoire. La quantité $\Delta$ a déjà été envisagée dans ma Note du 12 mai 1919 concernant les tourbillons d'une veine fluide.

Une condition nécessaire pour l'absence de tourbillons est que $\Delta$ soit nul; mais cette condition n'est pas suffisante. On sait, en effet, que s'il n'y a pas de tourbillons, la somme $H = \frac{1}{2}V^2 + P + U$ a même valeur dans toute la masse; cela exige que les surfaces S soient des surfaces d'égale vitesse et que, par suite, le produit $E\,dn$ soit constant sur chacune d'elles. Supposons

cette nouvelle condition remplie, et continuons à écarter le cas où les surfaces S seraient des lieux de trajectoires. Alors H est partout le même, car, dans un mouvement permanent, cette quantité est toujours constante sur chaque trajectoire, et comme elle est déjà constante sur chaque surface S, elle ne peut aucunement varier. La constance de H entraîne, d'après un théorème connu, la coïncidence des lignes de tourbillon avec les trajectoires, et, par conséquent, $\Delta$ ne peut-être nul sans que les tourbillons le soient. En résumé, les deux conditions nécessaires et suffisantes pour l'absence de tourbillon sont :

1° Que $\Delta$ soit nul;

2° Que, sur chaque surface S, E varie en raison inverse de la distance à une surface appartenant à la même famille, et infiniment voisine de la première.

Toutes ces considérations s'étendent, approximativement, au cas d'un mouvement varié dont les trajectoires ne changent pas, quand on suppose les variations de vitesse assez lentes pour que la dérivée partielle $\frac{\partial V}{\partial t}$ soit négligeable vis-à-vis de $V\frac{\partial V}{\partial x}$, $V\frac{\partial V}{\partial y}$, $V\frac{\partial V}{\partial z}$. On se trouve alors, à chaque instant, en présence d'un mouvement quasi permanent. A deux instants suffisamment éloignés l'un de l'autre correspondent deux régimes notablement différents; il suffit de connaître la variation de la vitesse et celle de la pression en un point fixe, arbitrairement choisi, pour être à même de calculer, dans toute la masse, les variations correspondantes.

GÉOLOGIE. — *Le bord occidental du pays des Schistes Lustrés, dans les Alpes franco-italiennes, entre la Haute-Maurienne et le Haut-Queyras.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Wilfrid Kilian**.

On sait que les Schistes Lustrés sont une *série cristallophyllienne* de grande puissance, formée surtout de calcschistes micacés et de marbres phylliteux, contenant aussi des intercalations de micaschistes et de chloritoschistes et des lentilles de serpentine et de roches vertes diverses (*pietre verdi*), qui joue un rôle très important dans la constitution des Alpes franco-italiennes. Le pays où ils affleurent, le *pays des Schistes Lustrés*, offre un aspect spécial : montagnes arrondies, croupes molles, vallées larges, vastes pâturages dominés par des éboulis et des rocs de couleur sombre, torrents aux eaux noires. Ce pays débonnaire et monotone s'étend à l'est

du *pays briançonnais*, lequel est tout autre : montagnes aux formes variées, souvent très élancées et très abruptes, terminées, en haut, par des escarpements de calcaires ou de quartzites aux éboulis gris ou blancs, et tachées, çà et là, de blanc ou de jaune par des gypses et des cargneules. Les différences géologiques essentielles, entre les deux pays, sont, d'une part la diversité et la multiplicité des faciès briançonnais contrastant avec l'uniformité du faciès cristallophyllien, et d'autre part le métamorphisme. Dans le Briançonnais proprement dit et dans le Queyras, les assises briançonnaises ne sont pas métamorphiques, au sens exact du mot; et l'apparente cristallinité de certaines d'entre elles est un simple effet du laminage. Là où les roches du pays briançonnais deviennent réellement métamorphiques, dans la Vanoise et la Haute-Tarentaise, le métamorphisme y est inégal d'un étage à l'autre et souvent incomplet. Au contraire, dans le pays des Schistes Lustrés, le métamorphisme est complet et profond, sauf exceptions très rares. La différence est telle que l'on n'a jamais hésité sur l'exacte position de la frontière commune aux deux pays. Cette frontière se trace sans aucune difficulté, malgré qu'il y ait, sur le pays briançonnais, quelques rares témoins isolés semblant provenir du pays des Schistes Lustrés, et qu'il y ait, par contre, dans ce dernier pays, d'assez nombreuses apparitions du pays briançonnais en anticlinaux ou en dômes. Car on ne peut pas douter que, dans l'ensemble, le pays briançonnais ne s'enfonce, à l'Est, sous le pays des Schistes Lustrés, encore que la surface de contact soit parfois, sur de longs parcours, redressée, et même renversée.

Nous avons pris comme sujet d'étude, pendant le dernier été, ce bord occidental des Schistes Lustrés, entre le col de la Leisse, où confinent Tarentaise et Maurienne, et les montagnes, situées au sud-est de Briançon, d'où descendent, vers le Sud, des torrents tributaires du Guil. Et nous nous sommes proposé de résoudre la question suivante : ce bord est-il un contact normal, ou un contact anormal? C'est-à-dire : y a-t-il continuité de sédimentation entre la série briançonnaise et la série cristallophyllienne, ou bien cette dernière est-elle posée par voie de charriage sur la série briançonnaise? C'est une vieille question. Tant que l'on a cru que les Schistes Lustrés étaient d'âge primaire, il fallait bien la résoudre dans le sens du charriage, puisque l'on voit, en maint endroit, ces schistes surmonter les terrains briançonnais. Mais quand Marcel Bertrand nous eut, à partir de 1894, accoutumés à considérer les Schistes Lustrés comme étant d'âge secondaire, beaucoup d'entre nous crurent qu'il y avait continuité, et que les Schistes Lustrés représentaient la continuation en hauteur de la série

sédimentaire briançonnaise, *sans remarquer l'énorme invraisemblance d'une série profondément métamorphique qui succéderait naturellement à une série à peine métamorphique et souvent fossilifère.*

Du col de la Leisse au Haut-Queyras le bord en question court du Nord au Sud, avec des sinuosités nombreuses, sur une longueur totale d'environ 100$^{km}$. Très exactement marqué sur la carte géologique (feuilles *Bonneval, Saint-Jean-de-Maurienne, Briançon, Aiguilles*), il passe un peu à l'est d'Entre-deux-Eaux et de la Pointe de Lanserlia, franchit l'Arc à Termignon; tourne autour du massif d'Ambin, par Mont-Froid, le plateau du Mont-Cenis et le col d'Etache; revient à l'Arc vers Bramans et le suit jusqu'auprès de Modane; monte au col de la Roue, descend jusque vers Mellezel, non loin de Bardonnèche, puis dessine vers le Sud une avancée dans le col de la Chaux-d'Acles; contourne ensuite, par le Nord et l'Est, le grand massif calcaire du Chaberton; s'avance, vers l'Ouest, jusqu'aux prairies du Gondran, et, dans la vallée de la Cerveyrette, jusqu'aux Aïttes-Hautes; puis court, à mi-hauteur, à l'est des escarpements calcaires de la Charvie, de la Suffie, de Rochebrune; enfin, contournant par le Sud cette dernière montagne, s'avance un peu à l'ouest d'Arvieux et de Villargaudin pour reculer ensuite vers l'Est, dans le Haut-Guil. Voici, sur quelques éléments de ce parcours, les observations que nous avons faites : rapprochées des constatations anciennes, elles éclairent vivement la question.

*Vallon de la Leisse, Plan de Nette, Lanserlia.* — Du col de la Leisse à la Pointe de Lanserlia, le contact des Schistes Lustrés et du pays briançonnais est une surface peu inclinée plongeant à l'Est. Les Schistes Lustrés surmontent, en parfaite concordance, la série briançonnaise. La coupe de celle-ci est la suivante, de haut en bas : A, immédiatement sous les Schistes Lustrés, des cargneules et parfois des gypses, *les cargneules souvent mylonitiques et contenant alors des débris de Schistes Lustrés*, ou encore les cargneules passant à des calcaires blancs d'aspect triasique; B, un complexe, d'épaisseur très variable, de marbres phylliteux, plus ou moins riches en phyllites, et de calcaires à zones siliceuses; C, des marbres versicolores, blancs, bleuâtres, violets ou rose pâle, contenant, au Plan-de-Nette, quelques rares Ammonites et Bélemnites, et d'autres restes organiques (cette lame C, épaisse, au Plan-de-Nette, d'une vingtaine de mètres, semble manquer partout ailleurs); D, un étage de couleur jaune clair, calcaires et brèches, celles-ci du type *brèche du Télégraphe* et contenant, au Plan-de-Nette, des Bélemnites; E, de nouveau, des marbres phylliteux; F, enfin, le Permien métamorphique de la Vanoise, sans qu'il y ait, entre E et F, l'intercalation,

habituelle en Vanoise, des quartzites du Trias. A est du Trias certain; B, du Trias très probable; C, qui est certainement jurassique, est du Malm briançonnais presque sûr; D est du Lias incontestable; E, du Trias certain. Les épaisseurs sont constamment et rapidement variables. Les marbres phylliteux B ont 20$^m$ à l'est du Plan-de-Nette, tandis que leur prolongement vers le Sud et vers l'Ouest s'accompagne d'un épaississement formidable : ils ont 150$^m$ au moins de puissance au Rocher-du-Col, 1000$^m$ dans les escarpements de la Grande-Motte, et ce sont eux encore, associés à des calcaires à zones siliceuses, qui forment, sur 1400$^m$ de hauteur, les escarpements orientaux de la Grande-Casse; ils diminuent, de nouveau, au sud du vallon de la Rocheure et se mélangent de marbres variés et de calcaires à zones siliceuses, tout cela ayant l'aspect du Trias de la Vanoise. L'étage liasique D, qui a au moins 50$^m$ dans le Rocher-du-Col et dans le vallon de la Rocheure, disparaît à l'est et au sud de Lanserlia. L'allure lenticulaire, caractéristique des *pays de nappes*, s'observe ici partout. Il ne saurait être question de continuité dans une telle série. Le Jurassique du Plan-de-Nette affleure dans une *fenêtre* de Trias; l'ensemble est un empilement d'écailles ou de nappes, et les mylonites montrent que le contact des Schistes Lustrés et des cargneules est un des plus anormaux parmi tous les contacts observés dans l'empilement. Ainsi se résout le problème local du Plan-de-Nette, soulevé en 1913 par Jean Boussac; et la solution de ce problème est indépendante de l'âge réel, encore inconnu (Malm ou Lias), des marbres C.

*Chavières, Termignon.* – Au-dessus des pâturages de Chavières, la surface de contact que nous suivons se redresse peu à peu jusqu'à la verticale. C'est toujours le Trias qui touche aux Schistes Lustrés; et il semble d'ailleurs qu'il n'y ait ici, entre les Schistes Lustrés et le Permien cristallin de la Vanoise, que du Trias, réunion des lames A, B, E de la coupe précédente. Le Lias a disparu. Le Trias offre des marbres phylliteux, tout contre le Permien; des calcaires, souvent *cargneulisants*, dans l'axe de la bande; des cargneules, enfin, au contact des Schistes Lustrés. Un peu avant Termignon, ce dernier contact se renverse, jusqu'à plonger de 45° vers le Sud-Ouest; de l'autre côté de la vallée, à l'orée de la forêt d'Arc, il est de nouveau vertical, et, près de ce contact, *les cargneules sont mylonitiques, avec nombreux débris de Schistes Lustrés*. Rappelons que, plus au Sud, au col d'Etache, *dans le même contact* des Schistes Lustrés et du pays briançonnais, Marcel Bertrand a jadis observé des lentilles de quartzites, c'est-à-dire du Trias inférieur, écrasé et laminé. A l'est de Termignon, et à mi-chemin de Lans-le-Bourg, c'est

encore le Trias qui apparaît, en coupole, sous les Schistes Lustrés : sur la rive gauche de l'Arc, ce Trias est formé de gypse; sur la rive droite, d'un marbre gris bleu très cristallin; le sommet de la voûte triasique, très surbaissée, surmontée par les Schistes Lustrés presque horizontaux, montre *une mylonite de marbres blancs*.

*Col de la Chaux-d'Acles*. — Les Schistes Lustrés affleurent largement, un peu à l'est du col de la Chaux-d'Acles, sous les baraquements du camp militaire. On voit monter, *de dessous ces schistes*, un dôme de calcaires triasiques qui plonge périclinalement sous la série cristallophyllienne, avec intercalation locale, près de l'observatoire militaire, d'une mince pellicule de Malm laminé. Le col lui-même, où passe l'ancien chemin muletier qui va des Acles à Mellezel, est ouvert dans les schistes et les grès du Nummulitique briançonnais (Flysch), nullement métamorphiques. A l'Ouest, ce Flysch s'appuie aux calcaires triasiques verticaux de l'Aiguille-du-Midi; il descend un peu dans le versant sud du col, de même que les Schistes Lustrés; et il semble bien que, dans les prairies, au sud du dôme calcaire dont nous avons parlé, Flysch et Schistes Lustrés viennent se toucher. En somme, la dépression profonde et large, où s'ouvre le col et où l'on a installé le camp militaire, correspond à un synclinal des assises briançonnaises, synclinal dirigé du Nord au Sud, sur le bord occidental duquel un lambeau de Flysch est conservé et qui contient des Schistes Lustrés dans son axe et sur son bord est. Le synclinal se prolonge, au Sud, dans le vallon de Blétonnet et jusqu'au delà du col de Laupon; et nous avons décrit, dans une Note précédente [1], le grand lambeau isolé de Schistes Lustrés qu'il contient près de ce dernier col. Les Schistes Lustrés, aux environs des Acles, reposent, en somme, sur des assises briançonnaises très diverses : Flysch, Malm, calcaires du Trias, gypses et cargneules du Trias. Et, dans leur substratum briançonnais, l'allure lenticulaire est la règle.

*Passo della Mulatiera*. — Au nord du col de la Chaux d'Acles, la surface de contact que nous suivons est sensiblement verticale jusque près de Mellezel; puis elle se renverse et l'on voit les Schistes Lustrés plonger sous le pays briançonnais. Rappelons que, dans cette région, MM. Kilian et Pussenot ont trouvé, près de ce contact, des assises à fossiles rhétiens. De même, au nord-est du col de la Chaux-d'Acles, la surface de contact se renverse : les Schistes Lustrés plongent, d'abord au Sud, puis au Sud-Ouest, puis à l'Ouest, en concordance apparente et avec un angle moyen d'envi-

---

[1] PIERRE TERMIER et WILFRID KILIAN, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 770.

ron 70°, sous un vaste pays calcaire qui comprend les montagnes de Charra, des Grands-Becs, des Charniers et du Chaberton. Ce pays calcaire est complexe. M. Pussenot y a trouvé récemment plusieurs gisements de fossiles hettangiens et bathoniens; le Rhétien y a été signalé en 1910 par M. Franchi; mais le Trias y domine. Au Passo della Mulatiera, les Schistes Lustrés débutent par des marbres phylliteux dont la cristallinité est moindre que d'habitude, c'est-à-dire où les phyllites sont plus finement cristallisées qu'elles ne le sont habituellement; d'autre part, les assises briançonnaises les plus voisines du contact sont des calcaires laminés, réduits, par le laminage, en plaquettes à surfaces luisantes. D'où une similitude *apparente* qui a conduit à des confusions. En réalité, les assises où l'on a trouvé des fossiles, rhétiens ici, hettangiens ailleurs, bathoniens en d'autres endroits, sont toutes en dehors du pays des Schistes Lustrés et appartiennent toutes au pays briançonnais. Au contact, les assises ne sont pas partout les mêmes; sur certains points, les plaquettes roses du Malm s'intercalent entre le Bathonien, l'Hettangien ou le Rhétien, et la série cristallophyllienne.

*De Césanne à la Cerveyrette, par le Gondran.* — Au sud-ouest de Césanne, le bord en question dessine un golfe profond vers l'Ouest, et le pays des Schistes Lustrés, représenté ici par le massif de roches vertes du Chenaillet, s'avance, quasi-horizontalement, sur le pays briançonnais représenté par les calcaires triasiques de Clavières et de Mont-Genèvre, le Bathonien du Janus, le Flysch du Gondran, le Trias des Aïttes. Nous avons, dans une Note précédente [1], exposé sommairement les conditions, évidemment anormales, du contact : *fenêtre,* dans le vallon de Gimont, montrant le Trias sous les roches vertes; *zone de mélange mylonitique*, au même niveau que cette fenêtre, au sud-ouest du col de Bousson; présence, au Gondran, entre Flysch et roches vertes, d'une écaille de *terrains singuliers*.

*Haute-Cerveyrette.* — Au sud des Aïttes et du Bourget, le contact des deux pays se redresse de nouveau, et, comme au Chaberton, se renverse. Sous les calcaires de la Charvie et de la Suffie, les Schistes Lustrés plongent, avec un angle moyen de 60° environ. A la base des calcaires, il y a du Lias et du Rhétien fossilifère à l'état de brèches sédimentaires jaunes (*brèche du Télégraphe*) : ce sont ces brèches qui viennent au contact des Schistes Lustrés, mais leur épaisseur est extrêmement variable, de plus de 100$^{m}$ à zéro. Dans les Schistes Lustrés, il y a des bancs de micaschistes,

---

[1] *Loc. cit.*, p. 768.

des lentilles de brèches volcaniques du type Chenaillet, d'autres de serpentine. Quelques mylonites, çà et là, dans le contact. Celui-ci redevient vertical au pied de Rochebrune, pour reprendre, plus au Sud, la même allure, quasi-horizontale, qu'au Gondran.

Ainsi, sur ce parcours de $100^{km}$, nulle part, semble-t-il, le contact des deux pays n'a les caractères d'un contact vraiment normal. Les Schistes Lustrés reposent, *comme indifféremment*, sur des étages très variés de la série briançonnaise; dans celle-ci, l'allure est lenticulaire; souvent, dans le contact, il y a des mylonites, et même des mélanges de roches des deux pays. La continuité stratigraphique devient de plus en plus improbable, et la conception d'une *nappe de Schistes Lustrés* surmontant une *nappe briançonnaise* paraît s'imposer de plus en plus.

OPTIQUE. — *Représentation photographique d'un solide dans l'espace. Photo-stéréo-synthèse.* Note de M. **Louis Lumière.**

Si l'on prend, à une échelle fixe, des négatifs photographiques d'une série de plans parallèles, équidistants ou non, d'un objet, en réalisant cette condition que chaque image ne représente que l'intersection de l'objet par le plan correspondant, on pourra, en superposant les positifs tirés des négatifs obtenus, reconstituer dans l'espace, l'apparence de l'objet photographié. Il suffira pour cela que les distances des images positives soient égales à celle des plans photographiés affectées d'un coefficient correspondant à l'échelle adoptée.

Il faudrait, pour obtenir une reconstitution théoriquement parfaite, superposer un nombre infini d'images infiniment rapprochées, mais l'expérience m'a montré que cette condition, évidemment irréalisable, n'est pas nécessaire pour donner à l'œil l'impression de la continuité et qu'un petit nombre d'éléments suffit si, dans une certaine limite, chaque image correspond, non pas à un plan, ce qu'il est d'ailleurs impossible d'obtenir, mais à un volume focal déterminé. Ce volume focal doit toutefois être assez faible si l'on veut éviter les effets de parallaxe lors de la vision.

Si l'on tente cette réalisation à l'aide d'un objectif possédant la plus grande ouverture relative actuellement possible, on constate que la profondeur du champ est encore beaucoup trop grande.

Pour obtenir la réduction nécessaire du volume focal, j'ai imaginé deux méthodes basées sur les considérations suivantes :

1° Soit (*fig.* 1) un objectif O à champ plan donnant du point P, situé sur l'axe principal, une image P'. Si l'on déplace l'objectif d'une quantité $h$, de

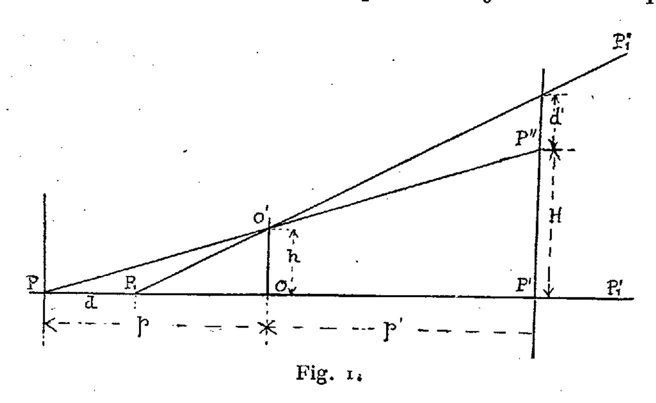



Fig. 1.

telle façon que son axe reste parallèle à lui-même et que ses plans principaux soient maintenus immobiles dans l'espace, l'image P' viendra en P'' situé dans le plan-image conjugué du plan-objet contenant le point P.

Si, en même temps, on a fait glisser, dans la même direction et sans rotation sur lui-même, le plan-image, d'une quantité H telle que l'on ait $\frac{h}{H} = \frac{p}{p+p'}$, la position de l'image du point P n'aura pas changé par rapport aux limites de ce plan. On démontre facilement qu'il en sera de même de tout autre point situé dans le plan-objet conjugué du plan-image.

Il n'en sera pas ainsi des points tels que $P_1$ situés en deçà ou au delà du plan-objet. A chaque distance $d$ de ce plan correspondra un déplacement $d'$ de la trace de l'axe secondaire correspondant sur le plan-image et la valeur de $d'$ sera donnée par la relation

$$d' = \frac{hp'}{p-d} - (H-h).$$

L'image du point $P_1$ laissera donc sur la surface sensible une trace de longueur $d'$.

Il est facile de voir qu'il y a intérêt à faire le rapport $\frac{p}{p'}$ aussi petit que possible, à donner au contraire à $h$ une valeur élevée et à choisir $f$ très petit. Mais les conditions de réalisation pratique limitent le choix de ces éléments. C'est ainsi que l'on ne peut, sous peine d'être conduit à employer des surfaces sensibles de dimensions démesurées, adopter pour $\frac{p}{p'}$ une valeur inférieure à l'unité (images en vraie grandeur), non plus que choisir $f$ inférieur à $20^{cm}$ environ.

2° Soit (*fig.* 2) un objectif O muni d'un prisme inverseur et donnant du point P l'image P′, $p$ et $p'$ étant obligatoirement égaux, compte tenu de l'élongation résultant de l'interposition du prisme.

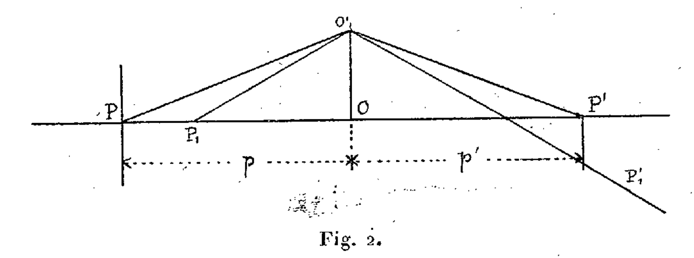



Fig. 2.

Si l'on fait subir à cet objectif un déplacement d'amplitude quelconque en prenant la précaution de provoquer ce déplacement dans le plan de la section principale du prisme et ce plan, ainsi que les plans principaux de l'objectif, restant invariables dans l'espace, la position P′ de l'image du point P n'aura pas changé. Par contre, l'image de tout point situé en deçà ou au delà du plan-objet subira des déplacements satisfaisant à la relation énoncée plus haut. Il suffira donc, pour réduire le volume focal, de munir l'objectif de deux prismes inverseurs dont les sections principales soient

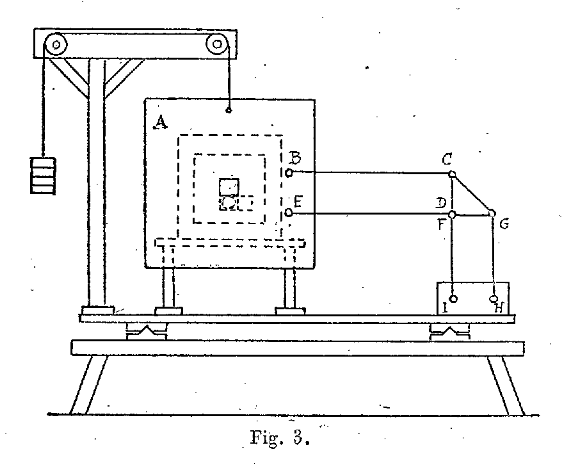



Fig. 3.

à 90° l'une de l'autre et de déplacer l'axe de l'objectif parallèlement à lui-même en prenant la précaution de maintenir également parallèles à elles-mêmes les sections principales pendant le déplacement [1].

[1] Il résulte de cette disposition qu'il devient possible de photographier une surface d'étendue quelconque à l'aide d'un objectif de foyer quelconque, très petit par exemple, par rapport aux dimensions de la surface photographiée.

Pour appliquer ces considérations, j'ai construit tout d'abord l'appareil suivant dérivant des conditions exposées en 2° et qui me paraissaient susceptibles de l'exécution la plus simple.

Une planchette A (*fig.* 3) pouvant glisser dans son plan sur l'avant d'une chambre noire photographique, est assujettie à se mouvoir de telle façon que ses côtés restent constamment parallèles à eux-mêmes grâce au double parallélogramme articulé BCDE, FGHI. Elle porte en son centre un objectif muni de deux prismes de Porro disposés de part et d'autre comme le montre la figure 4, la section principale du prisme avant étant

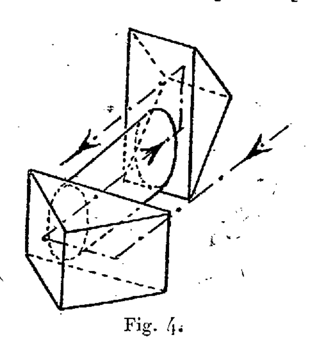


Fig. 4.

perpendiculaire à celle du prisme arrière et le tirage de la chambre noire qui complète l'appareil étant tel que la condition $p = p'$ soit réalisée. L'ensemble est monté sur des rails qui permettent de rapprocher ou d'éloigner cet appareil de l'objet photographié pour le fixer dans les positions successives correspondant à la série des plans choisis pour l'obtention des négatifs.

Il suffit de déplacer la planchette porte-objectif pendant l'exposition pour troubler la définition des points ne correspondant pas à $p = p'$.

Ne disposant pas de prismes taillés d'une façon correcte, les images que j'ai obtenues ainsi n'étaient pas suffisamment bonnes et j'ai alors construit l'appareil que représente la figure 5 réalisant les conditions énoncées en 1°.

Deux flasques présentant chacune une large ouverture sont reliées par des entretoises (non représentées sur la figure).

Ces flasques donnent passage à quatre axes A, B, C, D munis à chacune de leurs extrémités d'un bras de manivelle. Sur chacune des manivelles est fixé un tourillon et le rapport des longueurs des bras de manivelle avant et arrière est égal à $\frac{p}{p+p'}$.

Les quatre tourillons avant sont engagés dans des douilles fixées sur une platine portant l'objectif, et il en est de même des quatre tourillons arrière qui, par l'intermédiaire de douilles, supportent une deuxième

platine à laquelle est fixé le corps arrière de la chambre noire. Les deux platines sont reliées par un soufflet étanche à la lumière. Enfin, l'un des arbres porte une poulie par laquelle on peut, pendant l'exposition, imprimer à tout le système un mouvement de rotation, grâce au dispositif représenté sur la figure.

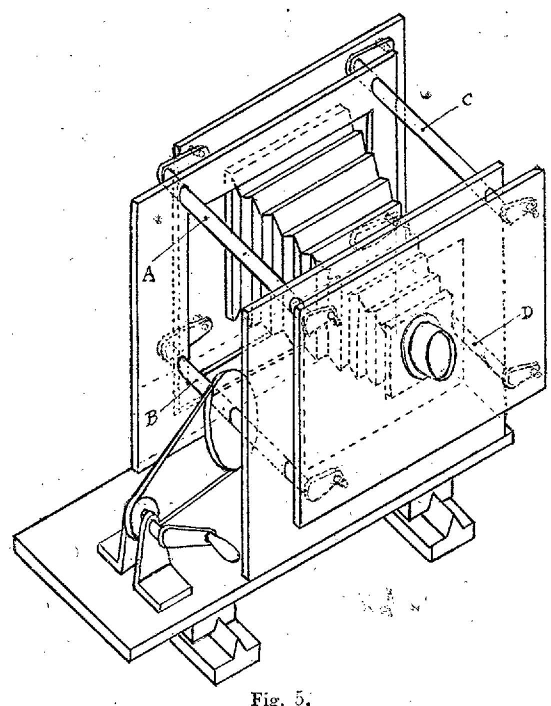



Fig. 5.

D'après les considérations énoncées plus haut, on voit que tout point situé en dehors du plan-objet conjugué du plan-image correspondant au rapport $\frac{p}{p'}$ adopté donne, sur la plaque sensible, une trace circulaire d'un diamètre d'autant plus grand que le point considéré est plus éloigné du plan-objet. En outre, le cercle de diffusion correspondant à l'ouverture de l'objectif ajoute son effet pour troubler la définition de ce point. Seuls les points situés dans le plan-image conjugué du plan-objet se peignent avec netteté.

L'ouverture angulaire des objectifs que l'on peut employer permettrait, en donnant à $h$ une valeur élevée, de localiser l'étendue de netteté en profondeur à un volume très réduit, mais l'expérience prouve qu'on ne peut guère dépasser, pour la circonférence décrite par l'objectif, un diamètre supérieur à $80^{mm}$, sous peine d'obtenir, lors de la synthèse par les images

positives, une sorte d'anamorphose conique altérant complètement l'apparence obtenue. Cette anamorphose semble due à ce fait que, pour une définition donnée, le volume focal est plus grand pour les points situés au-delà du plan-objet que pour ceux qui se présentent en deçà de ce plan.

Quoi qu'il en soit, si l'on choisit des valeurs convenables pour les divers éléments, l'appareil conduit, en employant un objectif à grande ouverture relative, à des résultats qui paraissent intéressants ainsi que l'on peut en juger par l'examen des spécimens qui accompagnent la présente Note.

HYDRAULIQUE. — *Utilisation de la force des marées et du choc des vagues de la mer.* Note de MM. **H. Parenty** et **G. Vandamme**.

Comme suite à une Note de M. G. Bigourdan ([1]) sur l'utilisation de la force des marées par l'entremise d'un volume d'air comprimé dans une cloche qui se remplit graduellement par l'eau de la mer montante, nous décrirons un moyen d'utiliser, en dehors du flux, le choc des vagues et de fournir ainsi de grandes quantités d'air, alternativement aspiré et comprimé à d'assez fortes pressions. L'air comprimé est emmagasiné à mesure qu'il est produit dans des appareils accessoires appropriés.

Ce procédé, actuellement soumis à des expériences, comporte la construction en ciment armé d'une ou plusieurs batteries d'alvéoles parallélépipédiques plats et longs, disposés par couches horizontales, en columbaire, sur toute la hauteur de la marée. Chacun de ces alvéoles est divisé en deux compartiments inégaux communiquant par un large tube inférieur toujours noyé. Le compartiment antérieur, le plus petit, est muni à l'avant d'un seuil qui y retient une lame d'eau, et d'une fenêtre verticale qui reçoit le choc horizontal de la vague; le compartiment postérieur, le plus grand, limite un matelas d'air que sa pression expulse par une soupape équilibrée pour une pression déterminée, et qui se renouvelle aux dépens de l'atmosphère, à travers une autre soupape, pendant l'aspiration due au retrait de la vague.

C'est en définitive, le jeu d'une pompe aspirante et foulante ou d'une presse hydraulique dont, en dehors des soupapes, l'eau de mer constitue tout le mécanisme et fournit les pistons. La pression de l'air comprimé

---

([1]) G. Bigourdan, *Un moyen économique d'utiliser la force des marées* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 211).

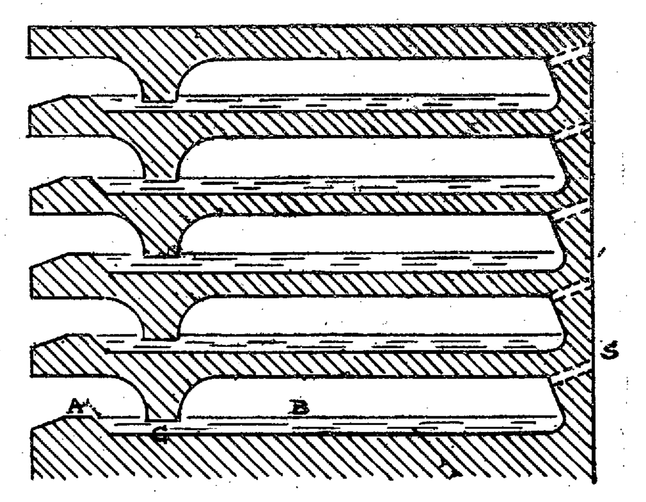



Fig. 1.

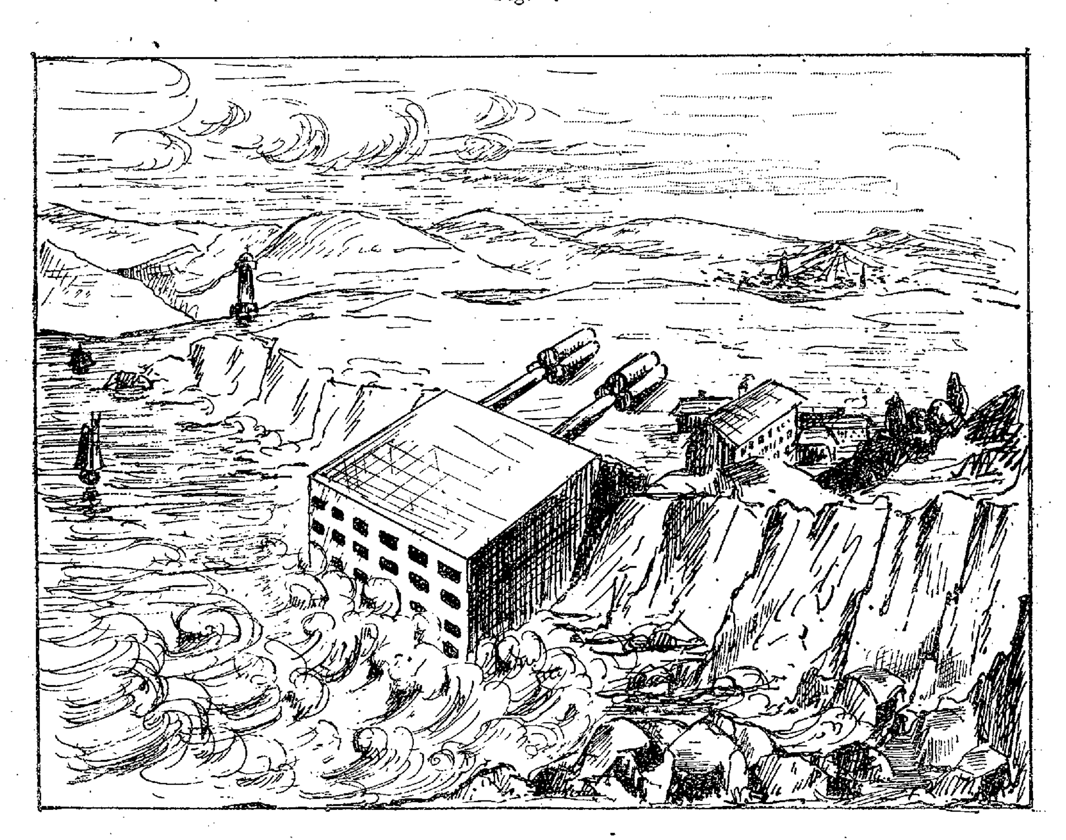


Fig. 2.

par le choc des vagues peut atteindre $2^{kg}$ et $3^{kg}$, ce qui permet de l'utiliser directement en de nombreux mécanismes (*fig.* 1).

Au moment du reflux ou du retrait des vagues, un effort de succion s'exerce en sens inverse de la poussée précédente, et ce retour de l'air sous la pression de l'atmosphère peut être également utilisé.

Les installations seront édifiées en des points du rivage où les mouvements des vagues sont importants.

Sans nous attarder sur la convenance de régulariser l'action variable des marées et du choc des vagues par des réservoirs, accumulateurs et autres volants, nous indiquerons que dans la construction des tunnels sous-marins, ce procédé fournirait à la fois la force motrice des outillages de percement et de transport des matériaux et l'aération des galeries (*fig.* 2).

Sur tous les rivages, il donnerait à certaines heures la force et l'éclairage et à d'autres heures la constitution d'une réserve de glace pour la pêche.

## ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des 39 suffrages exprimés, M. **A. Lacroix** est élu membre du Conseil de la *Fondation Curie*.

## CORRESPONDANCE.

M. **Ch. Marie** adresse le *Rapport général du Comité international des Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie pour l'année* 1919.

MM. **Albert Robin**, **Eugène Simon**, **A. Trillat** prient l'Académie de les compter au nombre des candidats à la place vacante par le décès de M. *Adolphe Carnot*.

MÉCANIQUE. — *Sur une transmission d'énergie mécanique utilisant une masse invariable de gaz en circuit fermé.* Note de M. **Jacques de Lassus**, présentée par M. Rateau.

On sait les importants avantages que la compression adiabatique présente théoriquement sur le mode isothermique : le poids et l'encombrement des appareils, rapportés à leur puissance, se trouvent réduits dans de très fortes proportions, à cause de la quantité d'énergie plus grande qu'une même masse de gaz est capable de véhiculer. Mais pratiquement les compressions adiabatiques conduisent à de très grandes variations de température, dès que les degrés de compression atteignent à des valeurs d'usage intéressantes.

S'il était possible de faire varier la pression de l'atmosphère dans laquelle respire un compresseur fonctionnant adiabatiquement, le travail par tour serait directement proportionnel à la pression d'aspiration pour un rapport volumétrique de compression donné, c'est-à-dire pour un écart donné des températures extrêmes du fluide gazeux. La compression adiabatique à des taux relativement faibles deviendrait alors susceptible d'applications intéressantes : plus la pression serait élevée, plus une transmission pneumatique, par exemple, pourrait utiliser de faibles taux de compression en restant capable d'une même puissance.

Pour créer cette atmosphère artificielle, on sera obligé pratiquement de limiter l'espace où la transmission respirera. Le rapport volumétrique existant entre cet espace et les canalisations de refoulement, reliant compresseur et récepteurs du groupe, aura alors une répercussion sur le fonctionnement général de la transmission dès que ce rapport cessera d'être très grand. Nous verrons que sa valeur finie, désignée par K dans les considérations qui vont suivre, est absolument caractéristique d'une transmission donnée.

Supposons créée cette atmosphère nouvelle. A toute pression initiale de charge donnée, régnant au repos dans tout l'espace limité où le cycle des transformations se ferme, correspond une masse d'air bien déterminée qui y aura été emmagasinée au prix d'un certain travail. Une des conditions essentielles du fonctionnement judicieux d'une transmission dans cette atmosphère artificielle est alors la conservation de la masse d'air initialement fournie. On devra donc s'attacher, d'une part à rendre les fuites aussi faibles que possible, d'autre part à les compenser avec la rapidité et

la précision les plus grandes. C'est ce que l'application de l'une des lois qui régissent les transformations adiabatiques, ou pratiquement polytropiques, de cette masse gazeuse permettra d'assurer.

L'espace où respire la transmission s'appellera dans la suite « capacité », y compris ses canalisations. Le compartiment dans lequel le compresseur refoule, et duquel le récepteur admet, avec ses canalisations, s'appellera « réservoir ».

On conçoit d'abord que le rapport des vitesses du compresseur et du récepteur n'est bien déterminé et stable que s'il correspond à l'identité nécessaire dans l'unité de temps des débits-masse aspiré d'un côté et échappé de l'autre, quel que soit le régime.

Nous supposerons que le couple à l'arbre du compresseur est sensiblement constant (la vitesse de l'arbre pouvant varier) et que la distribution du récepteur est invariable, c'est-à-dire que le degré de détente dans ses cylindres est fixe. A partir de l'état de repos, où la même pression règne à la capacité et au réservoir, mettons le compresseur en mouvement tandis que le récepteur sera soumis à des couples résistants variables entre des limites fixes. Au début, le travail du compresseur est utilisé à établir une chute de pression croissante entre les deux compartiments par diminution de la pression et de la masse du gaz contenu à la capacité, et par augmentation simultanée des masse et pression au réservoir. Cette chute part de zéro et croît jusqu'à atteindre le chiffre pour lequel la résistance du récepteur est vaincue. Puis le régime de l'identité des débits-masse s'établit et se maintient en même temps qu'un rapport de vitesse constant entre les deux éléments. Lorsque le couple résistant varie, un nouveau régime s'établit par variation continue de l'état des pressions et des vitesses jusqu'à nouvel équilibre.

L'un des résultats industriels nouveaux auquel l'étude purement théorique de la machine nous a conduits, est que *le travail par tour au compresseur passe par un maximum au voisinage duquel il se tient sur un long palier, palier unique auquel il arrive d'autant plus vite, c'est-à-dire pour des taux de compression d'autant plus faibles que la valeur de* K *est plus faible*. On pourra donc entraîner le compresseur par un moteur à couple constant, puisque le travail par tour sera sensiblement uniforme autour d'un maximum sur une longue échelle de variation de la chute des pressions. Comme, d'autre part, on peut arriver à ce palier pour des taux de compression faibles, la transmission pourra utiliser pratiquement des transformations aussi voisines qu'on le voudra de l'adiabatique. A tous les régimes correspondront ainsi,

tandis que le couple moteur au compresseur restera sensiblement uniforme, des *pressions et des températures* dans chacun des compartiments, dont *les valeurs seront caractéristiques d'un état donné,* c'est-à-dire du couple résistant considéré.

Cependant nous avons fait implicitement l'hypothèse que les quantités d'énergie fournies et dépensées dans le groupe, pendant un laps de temps déterminé, étaient égales. Cette hypothèse n'est rigoureuse, en admettant que l'on puisse éviter toute fuite de calories à l'extérieur et tout échange à l'intérieur des compartiments, que pour un rapport de compression au compresseur égal au rapport fixe de détente au récepteur. Ce régime est, par image, celui que nous appellerons la « prise directe ». De part et d'autre de la prise directe, la transformation de l'énergie sera incomplète. En « multiplication », il y aura détente prolongée, mais l'échappement deviendra coûteux; en démultiplication, il y aura détente incomplète. Au total, il y aura de ce fait, pour tout régime, sauf au régime de la prise directe, variation systématique de ce que l'on peut appeller l'énergie interne moyenne de la masse gazeuse en circuit; mais cette variation sera faible, et il paraît aisé d'y parer par l'apport judicieux au récepteur ou au réservoir, et la fuite voulue au compresseur ou à la capacité, de calories en petite quantité.

En résumé, on réalise par ce procédé des transmissions à puissance constante, c'est-à-dire donnant, avec les moteurs à couple constant, la solution du changement de vitesse progressif, automatique et continu. Ces transmissions pourront avoir un rendement élevé et un encombrement très réduit. Application possible : traction ferroviaire par moteurs à hydrocarbures.

ASTRONOMIE. — *Sur une nouvelle étoile variable à courte période.* Note de M. **A. Danjon**, présentée par M. B. Baillaud.

Au cours d'une étude que je poursuis actuellement à l'Observatoire de Strasbourg sur la Nova du Cygne 1920, et dont les résultats seront publiés ultérieurement, j'ai été conduit à faire un millier de mesures photométriques sur les étoiles de comparaison, en vue d'établir une échelle de lumière aussi étendue et cohérente que possible. Dès le début de ce travail, j'ai suspecté de variabilité certaines de ces étoiles qui donnaient des résultats différant sensiblement d'un jour à l'autre, tandis que pour la plu-

part, l'écart moyen des mesures ne dépassait pas $0^m,04$. J'ai continué à suivre les étoiles présumées variables, et les observations sont aujourd'hui en nombre suffisant pour qu'il me soit possible d'annoncer dès maintenant des résultats positifs concernant l'une d'elles, l'étoile *d Cygne* dont la position pour 1920 est $\alpha = 19^h48^m37^s,3$, $\delta = 52°47'11''$.

1. *L'étoile d Cygne varie de la grandeur* 5,16 *à la grandeur* 5,36. Ces valeurs sont rapportées aux étoiles suivantes. La colonne HR renferme les magnitudes d'après la *Revised Harvard Photometry*, la colonne D fournit les magnitudes que j'ai adoptées d'après l'ensemble de mes mesures.

| Étoiles. | Magnitudes. HR. | D. |
|---|---|---|
| ψ Cygne | 4,80 | 4,80 |
| BD 52 2623 | 5,72 | 5,72 |
| BD 51 2763 | 6,28 | 6,26 |

2. La variation est à *courte période*, et le passage du maximum au minimum ou *vice versa* peut être observé au cours d'une même soirée.

3. L'ensemble des observations est représenté par une courbe de lumière du type de *β Lyre*, dont voici les éléments :

$$M = 5^m,16, \quad m_1 = 5^m,36, \quad m_2 = 5^m,26, \quad P = 1^j,0815,$$
$$\text{min.} = 2422629,33 + 1,0815\,E, \text{ j. jul.}$$

Cette courbe représente l'ensemble des mesures avec une erreur moyenne de $0^m,036$, précisément égale à celle des comparaisons des fondamentales entre elles. Elle est donc aussi satisfaisante que possible. La période résulte d'un intervalle total de 48 périodes dont le commencement et la fin sont fixés à une demi-heure près : l'erreur sur P peut donc atteindre une ou deux minutes.

Toutes les mesures ont été faites au photomètre de Zöllner de l'Observatoire de Strasbourg. Étant donnée la faible amplitude de la variation ($0^m,2$), il eût été difficile de la constater à l'œil nu, par la méthode des degrés, et d'obtenir rapidement la courbe de lumière. On pourrait d'ailleurs augmenter encore la précision du photomètre par des améliorations que suggère son emploi, et qui rendraient les plages plus uniformes et plus semblables.

On connaît une vingtaine d'étoiles du type β Lyre, la plupart inférieures à la 8e grandeur. L'étoile *d* Cygne sera la quatrième des étoiles de ce type visibles à l'œil nu. A ce titre, sa découverte est intéressante, car son étude

spectroscopique doit apporter des précisions nouvelles sur cette classe de variables, dont les raies présentent des particularités encore inexpliquées.

Malheureusement, l'Observatoire de Strasbourg n'est pas outillé pour entreprendre l'étude spectroscopique de la nouvelle variable. Un effort pécuniaire important sera nécessaire pour l'adapter à ce genre d'études, actuellement parmi les plus importantes de l'Astrophysique. Pour l'instant, je dois me borner à signaler l'étoile *d* Cygne, à l'attention des astronomes actuellement plus favorisés.

PHYSIQUE. — *A propos d'un article de M. Irving Langmuir et d'un article de M. R.-W. Wood.* Note de M. **L. Dunoyer**.

Dans un Mémoire sur *l'évaporation, la condensation et la réflexion des molécules, et le mécanisme de l'adsorption* (¹) M. Irving Langmuir s'exprime ainsi : « Par souci de l'exactitude historique, je dois appeler l'attention sur le fait que la propagation rectiligne des molécules dans le vide, que Wood et Dunoyer (*Comptes rendus,* t. 152, 1911, p. 593) ont décrite, est depuis longtemps familière aux fabricants de lampes à incandescence... ».

Les circonstances m'ont empêché de connaître ce Mémoire à l'époque où il a paru. « Par souci de l'exactitude historique », je demande la permission de faire remarquer que la Note aux *Comptes rendus* citée par M. Langmuir n'est pas de Wood et Dunoyer, mais de ce dernier seul. Ultérieurement à cette Note, j'ai étudié le phénomène en question dans plusieurs publications (²).

Ces recherches ont été reprises par M. R.-W. Wood, en 1915. Si les fabricants de lampes à incandescence ont parfois observé le phénomène dont il s'agit, il faut croire qu'on n'était guère maître de le produire à volonté et de l'étudier, car, dans le Mémoire que cite M. Langmuir, M. Wood s'exprime ainsi (³) : « Il y a huit ou dix ans, j'ai fait quelques efforts pour réaliser ce qui peut être appelé un gaz à une dimension.... Comme aucun résultat bien défini n'a été obtenu, il est inutile de rapporter les détails de l'expérience. Des essais furent faits aussi pour réaliser un gaz à une dimen-

(¹) *Physical Review*, t. 8, 1916, p. 149-176.

(²) *Le Radium*, t. 8, 1911, p. 142-146; t. 10, 1913, p. 400-402; *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1068.

(³) *Phil. Mag.*, 1915, p. 300.

sion en vaporisant du mercure dans un tube dont une partie était refroidie par de l'acide carbonique solide, mais ces expériences donnèrent des résultats négatifs. Les très intéressantes observations de L. Dunoyer sur la formation de dépôts de sodium métallique nettement définis, dépôts dus à un flux de molécules à travers le tube, m'a conduit à répéter mes anciennes expériences avec le mercure. »

« M. Dunoyer m'a fait ressortir la nécessité d'employer un vide très parfait et, après une ou deux expériences, je n'ai eu aucune difficulté à observer le phénomène avec le mercure.... » Tout en remerciant M. Wood de l'intérêt qu'il a bien voulu prendre à mes expériences, je regrette qu'il n'en ait pas cité la référence bibliographique. Peut-être l'erreur de M. Langmuir en eût été rendue moins facile.

THERMODYNAMIQUE. — *Application du principe de Carnot-Clausius aux ondes de choc des solides élastiques.* Note (¹) de M. E. **Jouguet**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Nous nous proposons de rechercher ici les conditions que le principe de Carnot-Clausius impose aux ondes de choc dans les solides élastiques quand ces ondes propagent des discontinuités qui ne sont pas trop fortes.

Nous ferons cette recherche en supposant que l'état 1, où se propage par onde de choc l'état 2, est homogène et isotrope. Nous choisirons cet état 1 pour état initial et nous prendrons l'axe des $x$ normal à la surface de l'onde à l'origine. Dès lors on a, en se référant aux équations (1) d'une Note précédente (²) :

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{\partial\xi_1}{\partial a}=\dfrac{\partial\eta_1}{\partial a}=\dfrac{\partial\zeta_1}{\partial a}=\dfrac{\partial\xi_1}{\partial b}=\dfrac{\partial\eta_1}{\partial b}=\dfrac{\partial\zeta_1}{\partial b}=\dfrac{\partial\xi_1}{\partial c}=\dfrac{\partial\eta_1}{\partial c}=\dfrac{\partial\zeta_1}{\partial c}=0,\\ \dfrac{\partial\xi_2}{\partial b}=\dfrac{\partial\eta_2}{\partial b}=\dfrac{\partial\zeta_2}{\partial b}=\dfrac{\partial\xi_2}{\partial c}=\dfrac{\partial\eta_2}{\partial c}=\dfrac{\partial\zeta_2}{\partial c}=0,\\ \dfrac{\partial\xi_2}{\partial a}=f,\qquad \dfrac{\partial\eta_2}{\partial a}=g,\qquad \dfrac{\partial\zeta_2}{\partial a}=h, \end{array}\right.$$

II. Il faut d'abord remarquer que la courbe $\mathfrak{S}$, définie dans notre précédente Note, a ici une forme singulière.

L'état initial étant homogène et isotrope, l'énergie interne U ne dépend

(¹) Séance du 2 novembre 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 789.

des $\varepsilon$ et des $\gamma$ que par l'intermédiaire des expressions

$$J_1 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3,$$
$$J_2 = 4(\varepsilon_2\varepsilon_3 + \varepsilon_3\varepsilon_1 + \varepsilon_1\varepsilon_2) - (\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2),$$
$$J_3 = 4\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 - \varepsilon_1\gamma_1^2 - \varepsilon_2\gamma_2^2 - \varepsilon_3\gamma_3^2 + \gamma_1\gamma_2\gamma_3.$$

Et, par conséquent, les équations (2) de notre précédente Note s'écrivent

$$(2)\quad \begin{cases} kf = \left(\dfrac{\partial U}{\partial J_1}\right)_2 (1+f) - \left(\dfrac{\partial U}{\partial J_1}\right)_1, \\ kg = \left[\dfrac{\partial U}{\partial J_1} - 2\dfrac{\partial U}{\partial J_2}\right]_2 g, \\ kh = \left[\dfrac{\partial U}{\partial J_1} - 2\dfrac{\partial U}{\partial J_2}\right]_2 h, \\ k(U_2 - U_1) = \dfrac{1}{2}\left[\left(\dfrac{\partial U}{\partial J_1}\right)_2^2 (1+f)^2 + \left(\dfrac{\partial U}{\partial J_1} - 2\dfrac{\partial U}{\partial J_2}\right)_2^2 (g^2+h^2) - \left(\dfrac{\partial U}{\partial J_1}\right)_1^2\right]. \end{cases}$$

Elles ne contiennent, comme variables, que $k$, $\sigma$, $f$ et $g^2 + h^2$. La courbe $\mathfrak{S}$ qu'elles définissent dégénère en une figure composée :

1° De l'axe des $x$;

2° D'une surface de révolution autour de $Ox$.

III. Supposons maintenant que l'onde de choc ne soit pas trop forte et conservons seulement les premiers termes du développement de U. Tenons compte de (1) et arrêtons-nous au quatrième ordre en $\dfrac{\partial \xi}{\partial a}$, ..., il vient

$$(3)\quad rU = -2\nu'\frac{\partial \xi}{\partial a} + \left(\frac{\lambda'}{2} + \mu' - \nu'\right)\left(\frac{\partial \xi}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\mu'}{2} - \nu'\right)\left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial \zeta}{\partial a}\right)^2\right]$$
$$+ \chi\left(\frac{\partial \xi}{\partial a}\right)^3 + \psi\frac{\partial \xi}{\partial a}\left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial \zeta}{\partial a}\right)^2\right]$$
$$+ \rho\left(\frac{\partial \xi}{\partial a}\right)^4 + \tau\left(\frac{\partial \xi}{\partial a}\right)^2\left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial \zeta}{\partial a}\right)^2\right] + \omega\left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial \zeta}{\partial a}\right)^2\right]^2.$$

Les coefficients $\lambda'$, $\mu'$, $\nu'$, $\chi$, $\psi$, $\rho$, $\tau$, $\omega$ sont des fonctions de S. Il est facile de voir que $\lambda'$, $\mu'$, $\nu'$ sont reliés aux coefficients $\lambda$, $\mu$, $\nu$ d'une Note antérieure du 13 septembre 1920 par les relations

$$\lambda' = \lambda + \frac{4T}{rc}\left(\frac{d\nu}{dT}\right)^2, \qquad \mu' = \mu, \qquad \nu' = \nu.$$

L'expression (3) de U peut être utilisée pour étudier les ondes de choc représentées par des points de $\mathfrak{S}$ voisins de l'origine.

IV. Prenons d'abord une onde de choc représentée par un point P voisin

de l'origine sur l'axe $Ox$. Soit

$$k_0 = \frac{\lambda' + 2\mu' - 2\nu'}{r} = \frac{\lambda + 2\mu - 2\nu + \frac{4T}{rc}\left(\frac{d\nu}{dT}\right)^2}{r}$$

le carré de la célérité des ondes longitudinales d'accélération. Au point P, $k = k_0 + \varepsilon$ et la première équation (2) donne

$$r\varepsilon = 3\chi f.$$

D'autre part, la formule (3) de notre précédente Note donne

$$\frac{\partial U}{\partial S}\sigma = \frac{1}{12}\Delta^3 U = \frac{1}{54}\frac{r^2}{\chi^2}\varepsilon^3 = \frac{1}{2}\frac{\chi}{r}f^3.$$

Le principe de Carnot-Clausius exige que $\sigma$ soit positif. D'où les conséquences suivantes :

1° $\varepsilon$ est positif et par suite l'onde de choc a une célérité supérieure à l'onde d'accélération ;

2° Les seules ondes de choc compatibles avec le principe de Carnot-Clausius sont celles où $f$ a le signe de $\chi$.

Ces résultats concordent avec ce qui est déjà démontré pour les ondes de choc des gaz.

V. Prenons maintenant un point Q situé au voisinage de l'origine sur la surface de révolution qui constitue la seconde partie de $\mathfrak{S}$.

Soit $k_1 = \frac{\mu' - 2\nu'}{r}$ le carré de la célérité des ondes transversales d'accélération. Au point Q, $k = k_1 + \varepsilon$ et les équations (2) donnent

$$f = \frac{r\varepsilon}{2\psi} = -\frac{\psi}{\lambda' + \mu'}(g^2 + h^2). \tag{4}$$

D'autre part, $\Delta^3 U$ vaut $6f(\chi f^2 + \psi g^2 + \psi h^2)$, ce qui, par (4), est du quatrième ordre. Le calcul qui a donné la formule (3) de notre précédente Note et qui a été fait au quatrième ordre près est donc à reprendre en négligeant simplement le cinquième ordre. On trouve alors que la formule (3) de notre Note précédente doit être remplacée par

$$\frac{\partial U}{\partial S}\sigma = \frac{1}{12}\Delta^3 U + \frac{1}{24}\Delta^4 U,$$

ce qui donne ici

$$\frac{\partial U}{\partial S}\sigma = \frac{1}{2}\left(\omega - \frac{1}{2}\frac{\psi^2}{\lambda' + \mu'}\right)(g^2 + h^2)^2 = \left(\omega - \frac{1}{2}\frac{\psi^2}{\lambda' + \mu'}\right)\frac{r(\lambda' + \mu')^2}{4\psi^4}\varepsilon^2. \tag{5}$$

Supposons, pour fixer les idées, $\lambda' + \mu' > 0$. Dès lors :

1° En vertu de (4), $\varepsilon$ est négatif et l'onde de choc va moins vite que l'onde transversale d'accélération;

2° En vertu de (5), cette onde est compatible avec le principe de Carnot-Clausius si $\omega > \frac{1}{2}\frac{\psi^2}{\lambda' + \mu'}$, incompatible avec lui si $\omega < \frac{1}{2}\frac{\psi^2}{\lambda' + \mu'}$.

ÉLECTRICITÉ. — *Indications anormales fournies par les radiochromomètres avec les rayons X très pénétrants.* Note de M. **R. Biquard**, présentée par M. J. Violle.

Dans les applications radiographiques ou radiothérapiques des rayons X, on emploie fréquemment pour évaluer la pénétration moyenne ou dureté des rayonnements le radiochromomètre de Benoît ou ceux de Ropiquet, de Belot et de Walter, qui n'en sont que des variantes de construction, et dont le principe commun repose sur le fait que le rapport entre les épaisseurs d'aluminium et d'argent ayant même absorption apparente, augmente avec la pénétration moyenne des rayonnements.

Cette pénétration est ainsi évaluée par l'épaisseur en millimètres (degré Benoît) d'une lame d'aluminium telle que la fraction du rayonnement qui la traverse produise sur une plaque photographique ou un écran fluorescent une action équivalente à celle de la fraction transmise à travers une lame d'argent de $0^{mm},11$.

Les chiffres de dureté Benoît que l'on obtient avec les ampoules à gaz ionisés varient de 3 à 7,5.

Or on a été surpris de constater, au début de l'emploi des ampoules Coolidge, que malgré l'application de tensions moyennes atteignant 95000 volts, et par conséquent bien supérieures au maximum des tensions supportées pratiquement par les anciennes ampoules à gaz ionisés, soit 60000 à 70000 volts ($16^{cm}$ à $20^{cm}$ d'étincelle entre pointes), on n'obtient jamais de degré Benoît supérieur à 7. Au contraire, l'élévation du voltage d'alimentation de l'ampoule au-dessus de 70000 volts ($20^{cm}$ d'étincelle) abaisse le degré jusqu'au-dessous de 7, de même que la filtration à travers des épaisseurs croissantes d'aluminium des rayonnements émis à ces tensions élevées.

Cependant on a reconnu, d'autre part, et en particulier par les expé-

riences de Rutherford et Barnes (¹), que la pénétration moyenne des rayonnements émis par l'ampoule Coolidge, mesurée par le coefficient de transmission dans l'aluminium, croît constamment, d'une part avec la tension à laquelle est alimentée l'ampoule, d'autre part avec la sélection résultant du passage dans des épaisseurs croissantes de métal.

Les rayons provenant d'une ampoule Coolidge alimentée sous 95000 volts, filtrés à travers $18^{mm}$ d'aluminium, ne perdent plus que 6 pour 100 de leur énergie par millimètre d'aluminium traversé, alors qu'avec les ampoules à gaz ionisé, l'absorption la plus faible constatée dans les mêmes conditions était de 11 pour 100 (Guilleminot).

On est donc amené à mettre en cause le principe de l'appareil de Benoît, et en effet, nous avons reconnu que ce principe n'est pas valable dans l'étendue entière de la gamme des rayonnements X, le rapport d'équivalence $\frac{\text{épaisseur d'aluminium}}{\text{épaisseur d'argent}}$ passant par un maximum pour décroître ensuite quand la pénétration augmente.

Nous avons mesuré pour le rayonnement d'une ampoule Coolidge alimentée par un transformateur à noyau fermé à une tension moyenne d'onde, de 88000 volts ($26^{cm}$ d'étincelle entre pointes) les transmissions à travers un nombre croissant de lames d'argent de $0^{mm},11$, et à travers un nombre croissant de lames d'aluminium de $1^{mm}$.

De la courbe de transmission obtenue pour l'aluminium, on a déduit l'épaisseur équivalente aux lames d'argent successives. L'évaluation comparative des rayonnements transmis était faite par la méthode fluorométrique de Guilleminot. On a obtenu les résultats suivants :

| Nombre de lames d'argent de $0^{mm},11$ interposées. | Transmission apparente à travers l'ensemble des lames d'argent. | Épaisseur d'aluminium équivalente aux lames d'argent interposées (en millimètres). |
|---|---|---|
| 1............. | 23 | 6,7 |
| 2............. | 11,2 | 13,2 (= 6,7 + 6,5) |
| 3............. | 6,3 | 19,5 (= 6,7 + 6,5 + 6,3) |
| 4............. | 3,9 | 25,5 (= 6,7 + 6,5 + 6,3 + 6) |

Les rayonnements qui franchissent les lames successives d'argent ont une pénétration de plus en plus élevée, puisque la quatrième lame

(¹) Rutherford et Barnes, *Philosophical Magazine*, 1915, n° 177, p. 361.

transmet $\frac{3,9}{6,3} = 62$ pour 100 du rayonnement issu de la troisième, alors que la première lame ne transmet que 23 pour 100 du rayonnement initial. La courbe de transmission dans l'aluminium montre aussi que le 25e millimètre transmet 93 pour 100, alors que le premier ne transmet que 67 pour 100.

Quant au degré qu'indiquerait l'appareil Benoît pour les rayonnements transmis à travers les lames successives d'argent, il serait évidemment :

| | | |
|---|---|---|
| Degré du rayonnement initial | ...................... | $\frac{1}{10}\frac{6,7}{0,11} = 6,1$ |
| » | après la 1re lame ............ | $\frac{1}{10}\frac{6,5}{0,11} = 5,9$ |
| » | après la 2e lame ............ | $\frac{1}{10}\frac{6,3}{0,11} = 5,7$ |
| » | après la 3e lame ............ | $\frac{1}{10}\frac{6}{0,11} = 5,5$ |

Il y a donc décroissance nette du rapport de Benoît.

D'ailleurs on constate que, pour les rayonnements émis à partir de 60000 volts moyens ($16^{cm}$ d'étincelle) et quelle que soit l'ampoule génératrice, les indications du radiochromomètre cessent d'augmenter d'une manière appréciable.

Cet appareil ne peut donc donner d'indications utiles quand les ampoules sont alimentées au delà de cette tension, et en particulier dans leur emploi en radiothérapie pénétrante, où on la dépasse généralement. Son emploi doit être limité aux rayons de pénétration moyenne ou faible tels que ceux utilisés en radiographie médicale ou en radiothérapie superficielle.

ÉLECTROCHIMIE. — *Spectres d'étincelle du mercure, du cuivre, du zinc et du thallium dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

I. *Mercure.* — Le spectre d'étincelle du mercure est riche en raies dans la région de Schumann. Il a fait l'objet des importantes recherches de Lyman, qui a déterminé, au moyen d'un spectrographe à réseau, les longueurs d'onde de 86 raies du mercure entre 1875,7 et 1269,7 U. A. La précision des mesures de Lyman atteint 0,3 U. A. et un certain nombre des raies intenses qu'il donne peuvent jouer le rôle de raies-étalon. Nous nous sommes servis de ces raies pour mesurer par interpolation divers spectres

d'étincelles métalliques dans l'ultraviolet extrême [1]. Il nous a paru important de compléter les résultats de Lyman en mesurant les longueurs d'onde de nombreuses raies du mercure, d'intensité plus faible, qui semblent difficiles à obtenir au réseau, mais qui apparaissent régulièrement sur les clichés de notre spectrographe à prisme. Les clichés ont été obtenus en employant comme électrodes les amalgames de cadmium et de sodium. La liste suivante fait connaître, entre 1650 et 1400 U. A., 36 raies nouvelles du mercure. La première colonne contient les longueurs d'onde trouvées par nous, la seconde contient les longueurs d'onde publiées par Lyman. Les nombres placés entre parenthèses sont des longueurs d'onde des raies de Lyman qui ont servi de base à nos calculs.

| Int. | λ. | Lyman. | Int. | λ. | Lyman. | Int. | λ. | Lyman. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.... | 1641,5 | (1641,5) | 1.... | 1583,4 | – | 3.... | 1527,4 | (1527,4 |
| 1.... | 1636,0 | – | 1.... | 1581,9 | – | 1.... | 1525,4 | – |
| 1.... | 1634,2 | – | 1.... | 1578,0 | – | 2.... | 1511,4 | – |
| 1.... | 1632,6 | – | 1.... | 1575,9 | – | 2.... | 1507,3 | – |
| 1.... | 1625,7 | – | 1.... | 1569,8 | 1570,3 | 1.... | 1504,7 | – |
| 1.... | 1623,9 | – | 2.... | 1567,9 | 1568,0 | 1.... | 1497,3 | – |
| 1.... | 1622,1 | – | 1.... | 1561,4 | 1561,0 | 3.... | 1495,0 | (1495,0) |
| 1.... | 1619,6 | – | 1.... | 1558,7 | – | 2.... | 1481,2 | 1481,6 |
| 1.... | 1617,6 | – | 1.... | 1551,5 | 1550,8 | 1.... | 1479,8 | – |
| 1.... | 1614,2 | – | 1.... | 1550,0 | 1548,4 | 2.... | 1477,9 | – |
| 1.... | 1611,9 | – | 1.... | 1545,7 | | 1.... | 1474,6 | – |
| 1.... | 1607,3 | – | 1.... | 1541,9 | – | 1.... | 1472,6 | – |
| 1.... | 1605,2 | – | 2.... | 1540,5 | 1540,5 | 2.... | 1467,4 | – |
| 1.... | 1601,2 | – | 1.... | 1538,4 | – | 1.... | 1466,1 | – |
| 3.... | 1599,4 | 1599,4 | 1.... | 1533,8 | – | 1.... | 1461,7 | – |
| 1.... | 1596,0 | – | 1.... | 1530,9 | – | 2.... | 1459,3 | – |
| 3.... | 1592,9 | (1592,9) | | | | 1.... | 1454,2 | – |
| | | | | | | 2.... | 1416,9 | (1416,9) |

II. *Cuivre.* — Le spectre d'étincelle du cuivre a été étudié par Handke jusqu'à 1594,2 U. A. Nous avons retrouvé la plupart des raies intenses de Handke, plus un certain nombre de raies faibles. Le spectre du cuivre paraît se terminer par un groupe de quatre raies caractéristiques situées au delà de la limite atteinte par Handke. Le Tableau suivant contient les résultats de nos mesures entre 1784,8 et 1543,0 U. A. A partir de 1661,2, les raies indiquées sont nouvelles, sauf 1652,1, 1642,4 et 1593,6.

---

[1] L. et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 226 et 320; t. **171**, 1920, p. 709.

| Intensité. | λ. | Intensité. | λ. |
|---|---|---|---|
| 2 | 1784,8 | 1 | 1661,2 |
| 1 | 1775,3 | 2 | 1658,4 |
| 2 | 1769,2 | 1 | 1657,2 |
| 1 | 1759,9 | 3 | 1654,8 |
| 1 | 1755,6 | 3 | 1652,1 |
| 5 | 1750,1 | 3 | 1649,9 |
| 5 | 1741,6 | 1 | 1647,5 |
| 5 | 1740,1 | 5 | 1642,4 |
| 2 | 1728,3 | 3 | 1639,0 |
| 6 | 1722,6 | 4 | 1628,3 |
| 1 | 1718,7 | 4 | 1621,2 |
| 1 | 1716,9 | 3 | 1616,6 |
| 1 | 1711,5 | 2 | 1609,6 |
| 4 | 1709,0 | 3 | 1606,2 |
| 4 | 1705,6 | 2 | 1603,0 |
| 5 | 1702,1 | 2 | 1599,9 |
| 2 | 1692,8 | 3 | 1593,6 |
| 2 | 1689,3 | 1 | 1552,3 |
| 3 | 1687,2 | 1 | 1550,2 |
| 2 | 1684,6 | 2 | 1548,0 |
| 2 | 1681,8 | 1 | 1543,0 |
| 2 | 1679,5 | | |
| 2 | 1677,5 | | |
| 3 | 1674,8 | | |
| 3 | 1671,9 | | |
| 3 | 1670,3 | | |

III. *Zinc.* — Le spectre d'étincelle du zinc s'étend beaucoup plus loin que celui du cuivre dans l'ultraviolet extrême. Il a été mesuré par Saunders jusqu'à 1603,09 et par Handke jusqu'à 1632,9. Récemment, Millikan l'a prolongé jusque vers 1200 U. A., sans prétendre donuer dans la mesure des longueurs d'onde plus que des valeurs d'indication. Le Tableau suivant fait connaître le résultat de nos mesures entre 1850 et 1445 U. A. Il contient une dizaine de raies qui n'ont été mesurées jusqu'ici ni dans le spectre d'étincelle ni dans le spectre d'arc du zinc.

| Intensité. | λ. | Intensité. | λ. |
|---|---|---|---|
| 3 | 1839,0 | 2 | 1600,9 |
| 3 | 1831,1 | 2 | 1598,5 |
| 2 | 1821,6 | 6 | 1581,7 |
| 1 | 1816,4 | 1 | 1567,8 |
| 2 | 1810,6 | 1 | 1562,6 |
| 1 | 1796,8 | 2 | 1560,9 |
| 3 | 1767,6 | 3 | 1515,9 |
| 4 | 1749,4 | 2 | 1506,1 |
| 3 | 1706,7 | 2 | 1499,8 |
| 3 | 1688,6 | 1 | 1491,3 |
| 2 | 1673,2 | 1 | 1486,4 |
| 3 | 1651,9 | 3 | 1473,9 |
| 4 | 1644,9 | 1 | 1465,0 |
| 5 | 1639,4 | 3 | 1457,3 |
| 5 | 1629,2 | 2 | 1451,3 |
| 4 | 1622,4 | 1 | 1445,0 |
| 3 | 1619,5 | | |

IV. *Thallium.* — Le spectre d'étincelle du thallium n'a pas été étudié jusqu'ici. Il nous a fourni des raies qui coïncident souvent avec les raies d'arc observées par Mac Lennan. Le Tableau ci-dessous contient toutefois 13 raies nouvelles.

| Intensité. | λ. | Intensité. | λ. |
|---|---|---|---|
| 2 | 1837,4 | 1 | 1596,9 |
| 6 | 1827,9 | 1 | 1572,4 |
| 8 | 1014,5 | 2 | 1568,9 |
| 1 | 1804,6 | 2 | 1561,9 |
| 1 | 1801,5 | 4 | 1558,9 |
| 2 | 1798,1 | 1 | 1538,6 |
| 4 | 1792,6 | 1 | 1508,5 |
| 1 | 1749,8 | 1 | 1507,1 |
| 1 | 1742,6 | 2 | 1500,1 |
| 3 | 1660,2 | 1 | 1491,7 |
| 2 | 1657,2 | 2 | 1478,1 |
| 1 | 1644,1 | 1 | 1477,2 |
| 1 | 1601,5 | | |

CHIMIE PHYSIQUE. — *A propos de la détermination du nombre des constituants indépendants. La règle de M. Dubreuil; l'action de l'eau sur un mélange de sels.* Note de M. C. **Raveau.**

I. La règle que M. Dubreuil vient d'énoncer (¹) entraîne cette conséquence : « Le nombre des constituants indépendants est au plus égal au plus petit des nombres K ou *n*, c'est-à-dire des corps simples composants ou des espèces chimiques qui forment le système. »

Gibbs (²) a écrit : « Le nombre des composants (³) sera tantôt plus grand, tantôt plus petit que celui des éléments chimiques en présence. Par exemple, dans l'équilibre d'un système renfermant de l'eau, avec de l'hydrogène et de l'oxygène libres, il faut considérer dans la partie gazeuze (⁴) trois composants distincts. »

II. Comme beaucoup d'autres auteurs, M. Dubreuil indique que, dans le cas de la dissociation de HI par exemple, il faut tenir compte du fait que $H^2$ et $I^2$ libres sont en quantités équimoléculaires. Cette condition réduit d'une unité le nombre des constituants indépendants. Par contre, pas plus que ses prédécesseurs, M. Dubreuil n'explique pourquoi, dans le cas (idéal) de la dissociation de $CO^3Ca$, on n'a pas à exprimer que CaO et $CO^2$ sont soumis à la même égalité.

Il reste donc que l'on doit, *après examen*, tenir compte des relations qui influent sur la variance et négliger les autres (⁵). C'est ce que va mettre en relief l'exemple suivant où, admettant la valeur de la variance, on a cherché à calculer le nombre des parties distinctes du système.

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 720. La phrase citée se trouve dans une rédaction plus étendue, au *Bulletin de la Société chimique de France*, 4ᵉ série, t. 27, p. 809.

(²) *Équilibre des systémes chimiques*, traduction Le Chatelier, p. 15-16.

(³) Ce sont les *constituants* de M. Dubreuil.

(⁴) Gibbs néglige ici la solubilité de $H^2$ et $O^2$ dans l'eau.

(⁵) N'oublions pas de plus qu'on ne peut raisonner qu'en partant des hypothèses suivantes : 1° à une température et sous une pression données, on sait amener HI partiellement dissocié à un état parfaitement déterminé, indépendant de la masse traitée ; 2° l'équilibre entre $CO^3Ca$, $CO^2$, CaO est indépendant des masses en présence. C'est dire qu'aucune théorie ne fera jamais que retrouver les conditions supposées d'abord.

III. M. Rengade [1] a étudié expérimentalement et soumis à l'application de la règle des phases l'action de l'eau sur un des deux mélanges $NO^3Am$ et NaCl ou $NO^3Na$ et AmCl, qui renferment les mêmes ions. Examinons la question *a priori*.

Le point fondamental est celui-ci : *Des deux couples complémentaires, l'un est moins stable que l'autre;* il tend à subir la double décomposition. Cette tendance se réalise dès qu'on humecte d'une trace d'eau, qui joue le rôle de catalyseur.

Partons d'un mélange des sels du *premier couple*, $NO^3Am + k\,NaCl\,(k < 1)$ et traitons-le par un peu d'eau. S'il se trouve que ce couple est instable, il donne lieu avant tout à la réaction *irréversible*

$$NO^3Am + NaCl \rightarrow NO^3Na + AmCl$$

et NaCl disparaît totalement. C'est ce qu'a constaté M. Rengade et c'est à peu près le seul appel qu'il soit nécessaire de faire à l'expérience.

En étudiant la composition du mélange solide en contact avec la petite quantité de dissolution formée, M. Rengade a reconnu que les trois autres sels y figuraient. Ceci n'est pour nous qu'une vérification.

Un résultat d'analyse quantitative était également certain : la partie dissoute peut être considérée comme la somme de quantités des trois sels solides présents. En effet, la formule globale d'un mélange quelconque des quatre ions peut, toujours et d'une seule façon, être représentée par la somme de masses de sels composant l'une des deux triades :

(I) $NO^3Na$, AmCl, $NO^3Am$;

(II) $NO^3Na$, AmCl, NaCl.

Or la formule (I) convient au cas où l'on a ajouté assez d'eau pour dissoudre la totalité du mélange. Si la formule (II) pouvait représenter celui où la quantité d'eau est petite, il en résulterait cette conséquence absurde : l'addition d'une quantité d'eau convenable permettrait d'obtenir une dissolution qui, en présence des trois sels (I), contiendrait seulement les deux premiers.

Enfin les solubilités respectives de AmCl, $NO^3Na$, $NO^3Am$ ont des

[1] *Sur la purification des sels par clairçage ou par cristallisation fractionnée* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 237). Un Mémoire plus étendu, *Étude d'une double décomposition saline réversible* (*Rev. gén. des Sciences*, t. 28, 1917, p. 489), contient la description d'expériences exécutées à chaud dont la signification me paraît trop douteuse pour qu'il me soit possible d'en faire état.

valeurs croissantes très différentes. C'est donc sans étonnement que nous voyons les quantités des trois sels dissous se succéder dans le même ordre.

L'addition progressive d'eau aura alors pour premier effet de dissoudre, sans changement de titre de la solution, $NO^3Am$, $NO^3Na$, AmCl. Si $k$ est suffisamment petit, c'est-à-dire s'il y a un grand excès de $NO^3Am$, alors $NO^3Na$ sera dissous le premier et l'on aura des solutions de titres variables en contact avec $NO^3Am$, AmCl jusqu'à ce que l'un de ces deux sels ait été à son tour complètement dissous. Si (je complète ici M. Rengade) $k$ a des valeurs suffisamment grandes ($> 0,7$ à 16°), c'est au contraire $NO^3Am$ qui passera d'abord totalement en solution.

On peut, *mutatis mutandis*, répéter presque tout ce qui précède pour les cas où il y a excès de NaCl ($k > 1$). Dans une expérience restée inédite, M. Rengade a vérifié que, seul, $NO^3Am$ solide ne subsistait pas en présence de la solution des trois autres sels. Ici, le peu de différence des solubilités de NaCl et AmCl isolés interdit des prévisions aussi complètes que précédemment.

Si enfin $k = 1$, la double décomposition fournit molécules égales de $NO^3Na$ et AmCl. En présence de ces deux solides, qu'elle dissout seuls, la solution a une composition parfaitement déterminée, qui serait exactement la même si l'on était parti d'un mélange en proportions quelconques des deux sels du *second couple*, $NO^3Na + k'$ AmCl.

Ainsi *les phénomènes sont tout différents suivant le couple dont on part.* Dans un cas, on obtient d'abord une solution déterminée en présence de trois sels, dont deux sont toujours $NO^3Na$, AmCl, ensuite des solutions de titres variables en présence de deux sels, puis d'un seul. Dans l'autre, deux sels au plus, $NO^3Na$, AmCl, sont en équilibre avec une solution déterminée et l'un quelconque d'entre eux avec des solutions de composition variable.

Le premier cas est l'équivalent du cas le plus général où l'on partirait de trois ou quatre sels. Le second cas est toujours particulier; la composition de la solution révèle toujours le mélange dont on est parti.

IV. L'application de la règle des phases conduit à des considérations toutes différentes. Envisageant d'abord au sein du liquide une réaction réversible dont l'expérience ne fournit aucun indice, on part de l'existence de quatre sels, dont trois indépendants. Admettant alors comme évident que la composition d'une solution en présence d'un grand excès de solide est déterminée uniquement par la température et la pression, on en conclut que, « de toute nécessité » et dans tous les cas, cette solution est en pré-

sence de trois sels, ce qui est vrai seulement quand on part du mélange de $NO^3Am$ et NaCl.

En fait, le nombre des constituants indépendants qu'il faut introduire dans la formule de Gibbs est 4 dans un cas, 3 dans l'autre, mais on ne le sait que quand on s'est rendu un compte exact de ce qui doit se passer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation catalytique de l'alcool amylique de fermentation*. Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine :

I. On sait que l'alcool amylique de fermentation qui bout de 129° à 132° est un mélange d'alcool isopropyléthylique (le plus abondant) et d'alcool méthyléthyléthylique. Ces alcools se déshydratent au contact du chlorure de zinc et des auteurs semblent encore admettre que cette déshydratation donne, conformément à la théorie,

$$(a)\quad \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH - CH^2 - CH^2OH = \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH - CH = CH^2 + H^2O,$$

Alcool isopropyléthylique. Méthyl$_2$butène$_3$ (Isopropyléthylène).

$$(b)\quad \begin{matrix}CH^3 - CH^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH - CH^2OH = \begin{matrix}CH^3 - CH^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>C = CH^2 + H^2O.$$

Alcool méthyléthyléthylique. Méthyl$_2$butène$_1$ (Méthyléthyléthylène).

En réalité, le produit principal de la déshydratation de l'alcool amylique de fermentation par le chlorure de zinc est le triméthyléthylène $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C = CH - CH^3$ (méthyl$_2$butène$_2$). D'après Wischnegradsky, qui a le mieux étudié la question, cette déshydratation fournirait 50 pour 100 de triméthyléthylène, soluble dans l'acide sulfurique dilué ($2^{vol}$ d'acide fort + $1^{vol}$ d'eau), la partie insoluble consistant en amylènes isomères et hydrures d'amylène (¹). C'est l'hydrolyse de la solution sulfurique de ce triméthyléthylène qui fournit l'hydrate d'amylène $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>COH - CH^2 - CH^3$, alcool amylique tertiaire, dont l'emploi comme hypnotique tend à se généraliser.

II. Les catalyseurs déshydratants se comportent-ils comme le chlorure de zinc vis-à-vis du même alcool amylique? D'après les expériences publiées

(¹) *Comptes rendus*, t. **86**, 1878, p. 973; *Bull. Soc. chim.*, t. **1**, 1877, p. 261 et 452; t. **2**, 1892, p. 1340.

jusqu'ici [1], la déshydratation catalytique de cet alcool se ferait surtout d'après les équations (*a*) et (*b*) et ne donnerait que peu de triméthyléthylène. La même interprétation, comme on vient de le voir, avait été donnée tout d'abord à l'action du chlorure de zinc, et c'est ce qui m'a engagé à revenir sur cette déshydratation catalytique, en préparant cette fois d'assez grandes quantités d'amylène pour arriver à une détermination plus sûre des divers isomères.

III. L'alcool amylique arrivait avec une vitesse de $50^{cm^3}$ à $55^{cm^3}$ à l'heure dans un tube de cuivre chauffé à 340°-350° (température de l'intérieur du tube), et ses vapeurs, en passant sur du silicate d'alumine, donnaient de l'amylène, de l'eau et de l'alcool non transformé, qui se réunissaient dans un récipient refroidi. Après décantation de l'eau, le mélange d'amylène et d'alcool amylique était distillé à une très douce chaleur. Arrivé à 38°-39°, le thermomètre baissait en même temps que s'arrêtait la distillation, ce qui indiquait que tout l'amylène s'était séparé de l'alcool qui restait seul dans le ballon.

J'ai obtenu de la sorte $3^l$ d'amylène brut; le premier litre (flacon $F_1$) après 32 heures de catalyse; le deuxième litre (flacon $F_2$) après 40 heures comptées à partir du premier; le troisième litre (flacon $F_3$) après 52 heures comptées à partir du second. Par où l'on voit que le catalyseur s'affaiblit graduellement puisque, avec la même vitesse d'écoulement de l'alcool amylique, la quantité d'amylène produite dans 1 heure diminue et que dès lors la proportion d'alcool non déshydraté augmente.

Les liquides $F_1$, $F_2$, $F_3$, soumis à une série de fractionnements méthodiques dans un ballon muni d'un long tube Vigreux, ont donné les résultats suivants :

| Températures d'ébullition. | Liquide $F_1$. | Liquide $F_2$. | Liquide $F_3$. | Carbures correspondants. | Ébullition. |
|---|---|---|---|---|---|
| 21-24° .... | 25 cm³ | 65 cm³ | 182 cm³ | Isopropyléthylène | 21°-22° |
| 24-31 .... | 10 | 14 | 28 | » | » |
| 31-33 .... | 180 | 238 | 392 | Méthyléthyléthylène | 31°-32° |
| 33-36 .... | 43 | 48 | 52 | » | » |
| 36-38 .... | 704 | 595 | 302 | Triméthyléthylène | 36°,5-37°,5 |
| $>38$ ... | 15 | 18 | 16 | » | » |
| Pertes.... | 23 | 22 | 28 | » | » |
| | 1000 | 1000 | 1000 | » | » |

(1) Ipatiew, *Journ. Soc. phys. ch. r.*, t. 35, p. 577. — Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 25, p. 498.

Ce Tableau montre qu'à l'*usure du catalyseur correspond un changement dans les proportions relatives des isomères*. Si, conformément à une observation d'Ipatiew [1], le triméthyléthylène provient d'une transformation isomérique de l'isopropyléthylène sous l'influence du catalyseur, on s'explique qu'avec un catalyseur usé une plus grande quantité de ce dernier carbure échappe à la transformation. Par ailleurs, la prédominance du méthyléthyléthylène semble indiquer qu'avec ce catalyseur affaibli, la déshydratation de l'alcool correspondant est moins difficile que celle de l'alcool isopropyléthylique.

IV. Les distillations fractionnées conduiraient donc à admettre, dans l'amylène brut obtenu par catalyse, la présence, en quantités variables, des trois isomères inscrits dans le Tableau, ce qui s'est trouvé confirmé par l'action de l'acide sulfurique. On sait que cet acide étendu d'un demi-volume d'eau dissout, au voisinage de 0°, les carbures tertiaires méthyléthyléthylène et triméthyléthylène, tandis que l'isopropyléthylène est insoluble. Or, l'acide ainsi dilué a dissous vers 0°, avec une égale facilité, la fraction 36°-38° et la fraction 31°-33°, ainsi que la partie intermédiaire 33°-36°, tandis que la fraction 21°-24° et la majeure partie intermédiaire 24°-31° sont restées insolubles.

Dans cette dissolution des carbures tertiaires dans l'acide sulfurique il se forme un acide sulfamylique tertiaire. Par exemple, avec le triméthyléthylène, on a

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C=CH-CH^3+SO^4H^2 = \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\underset{\displaystyle SO^4H}{\underset{|}{C}}-CH^2-CH^3.$$

Cet acide amylsulfurique traité, après dilution, par un alcali ou un carbonate alcalin donnera l'alcool amylique tertiaire (hydrate d'amylène).

Il est facile de voir qu'avec le méthyléthyléthylène on obtient le même acide sulfamylique et par suite l'hydrate d'amylène.

V. Si l'on se reporte au Tableau ci-dessus, on constatera que dans la déshydratation catalytique de l'alcool amylique de fermentation, l'ensemble du triméthyléthylène et du méthyléthyléthylène, c'est-à-dire des carbures solubles dans $SO^4H^2$ dilué et transformables en hydrate d'amylène, constitue les 93 pour 100 de l'amylène brut pour le premier litre ($F_1$) et reste encore de 75 pour 100 pour le troisième litre ($F_3$), alors que Wichnegradsky avait trouvé que la proportion de ces carbures solubles ne dépassait

(1) IPATIEW, *loc. cit.*

pas 50 pour 100 dans la déshydratation du même alcool par le chlorure de zinc.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrochimique des α-allyl- et α-allylméthylcyclohexanones.* Note [1] de M. **R. Cornubert**, présentée par M. A. Haller.

Dans deux Notes antérieures nous avons décrit des α-allylcyclohexanones, des α-propylcyclohexanones et un certain nombre d'alcools en dérivant [2] en indiquant que *les constantes de ces corps présentaient des singularités* et qu'*elles seraient données ultérieurement*. Dans la présente Note nous ne nous occuperons que de l'étude spectrochimique des α-allyl- et allylméthylcyclohexanones. Le Tableau suivant contient les constantes de ces corps ramenées à 24° (les mesures ont été effectuées entre 23° et 25°). Chaque élément de ce Tableau représente :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (Position des groupes allyle) | importance en grammes de l'échantillon examiné | $d\frac{24}{4}$ | var. de $d\frac{24}{4} \times 10^4$ [3] | Réfr. mol. trouvée | (écart de la R. M.). |
| | | $n_D^{24}$ | var. de $n_D^{24} \times 10^5$ [3] | Réfr. mol. calculée | |

Deux faits attirent l'attention, ce sont : 1° l'alternance presque générale des variétés des densités lorsqu'on classe les cétones par rapport au nombre des groupes *alcoyle* présents en α et 2° le plus faible accroissement des indices de réfraction pour les troisièmes termes de chaque série. Ce sont là les singularités auxquelles nous faisions allusion.

Un semblable classement de ces allyl- et allylméthylcyclohexanones, non pas par rapport au nombre des groupes allyle présents en α, mais par rapport au nombre des groupes alcoyle existant en α, nous a mis sur la voie d'une relation possible entre la valeur de la réfraction moléculaire et la constitution des corps de ces séries. De ce tableau, il ressort en effet que, dans le cas de la cyclohexanone et de ses homologues monométhylés α et γ, l'introduction d'un deuxième groupe alcoyle en α provoque une certaine dépression de la réfraction moléculaire par rapport au terme précédent, cet abaissement s'accentuant plus ou moins fortement à la quatrième alcoylation, la troisième étant sans influence appréciable.

---

(1) Séance du 2 novembre 1920.

(2) R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1900; t. 159, 1914, p. 75.

(3) Par rapport au terme précédent.

| | Cétones dérivant de la cyclohexanone. | | | | | | Cétones dérivant de l'α-méthylcyclohexanone. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $d\frac{24}{4}$, $n_D^{24}$ et écart de la R. M. de la cétone fondamentale (¹). | | | 0,9423 / 1,44878 | | | (+0,18) | | | 0,9213 / 1,44635 | | | (+0,08) |
| Nombre des groupes alcoyle en α. 1 | (α / 1 S) | 20 | 0,9305 / 1,46730 | −118 / +1852 | 41,22 / 41,11 | (+0,11) | ″ | | | | | |
| 2 | (αα / 1 D) | 75 | 0,9405 / 1,48473 | +100 / +1743 | 54,27 / 54,49 | (−0,22) | (αα / 1 D) | 250 | 0,9268 / 1,46866 | +55 / +2231 | 45,69 / 45,72 | (−0,03) |
| 3 | (ααα' / 1 S 1 D) | 25 | 0,9330 / 1,49128 | −75 / +655 | 67,76 / 67,88 | (−0,12) | (ααα' / 1 S 1 D) | 38 | 0,9230 / 1,47902 | −38 / +1036 | 59,07 / 59,11 | (−0,04) |
| 4 | (ααα'α' / 2 D) | 40 | 0,9452 / 1,50180 | +122 / +1052 | 80,62 / 81,27 | (−0,65) | (ααα'α' / 2 D) | 255 | 0,9311 / 1,49128 | +81 / +1226 | 72,26 / 72,50 | (−0,24) |

| | Cétones dérivant de la β-méthylcyclohexanone. | | | | | | Cétones dérivant de la γ-méthylcyclohexanone. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $d\frac{24}{4}$, $n_D^{24}$ et écart de la R. M. de la cétone fondamentale (¹). | | | 0,9150 / 1,44364 | | | (+0,19) | | | 0,9123 / 1,44350 | | | (+0,26) |
| Nombre des groupes alcoyle en α. 1 | (α ou α' / 1 S) | 87 | 0,9126 / 1,46177 | −24 / +1813 | 45,83 / 45,72 | (+0,11) | (α / 1 S) | 114 | 0,9155 / 1,46376 | +32 / +2026 | 45,85 / 45,72 | (+0,13) |
| 2 | (αα ou α'α' ou αα' ?) | 63 | 0,9235 / 1,47969 | +109 / +1792 | 59,11 / 59,11 | (±0,00) | (αα / 1 D) | 50 | 0,9255 / 1,47995 | +100 / +1619 | 59,02 / 59,11 | (−0,09) |
| 3 | (ααα' ou αα'α' / 1 S 1 D) | 35 | 0,9289 / 1,48902 | +54 / +933 | 72,19 / 72,50 | (−0,31) | (ααα' / 1 S 1 D) | 20 | 0,9230 / 1,48745 | −75 / +750 | 72,44 / 72,50 | (−0,06) |
| 4 | (ααα'α' / 2 D) | 135 | 0,9470 / 1,50337 | +167 / +1435 | 85,06 / 85,88 | (−0,82) | (ααα'α' / 2 D) | 90 | 0,9327 / 1,49776 | +97 / +1031 | 85,53 / 85,88 | (−0,35) |

(¹) Ces nombres sont calculés d'après les constantes fournies par M. v. Auwers pour ces cétones (*Lieb. Ann.*, t. 410, 1915, p. 282 et suiv.).

La détermination de la constitution des αα-diallyl- et méthylallylcyclohexanones, qui a fait l'objet d'une Note récente (¹), permet d'établir un parallèle entre la constitution de ces cétones et la valeur de l'écart de la réfraction moléculaire. Si nous nous rappelons en effet que les dérivés dialcoylés des trois séries que nous venons d'indiquer sont des corps dissymétriques, nous arrivons à ce résultat que la production de ce que nous appellerons un *groupe double* (désigné par D dans le Tableau précédent), c'est-à-dire d'un groupe $>C<^{R}_{R'}$, provoque une dépression de la réfraction moléculaire, tandis que la formation d'un groupe simple $>C'<^{H}_{R}$ (représenté par S) est sans influence appréciable sur la valeur de cette dernière. Cette conclusion est conforme à la théorie de M. v. Auwers sur les « groupes doubles » (gem. Dialkylgruppen) (²) d'après laquelle les dépressions moléculaires observées par cet auteur dans presque tous les cas où les molécules examinées contenaient deux groupes alcoyle fixés au même atome de carbone, sont liées à l'existence d'un semblable groupement $>CR^2$ dans ces combinaisons, les groupes $>C(CH^3)^2$ n'ayant cependant aucune influence.

GÉOLOGIE. — *Le gisement de fer oolithique d'Aïn-Babouche (Algérie).* Note de MM. **Louis Duparc** et **Georges Favre.**

Le gisement de Babouche est situé à 75<sup>km</sup> de Tébessa, et à 18<sup>km</sup> au sud de Chéréa. Il occupe une grande région synclinale qui, topographiquement, est divisée du Sud au Nord en trois tronçons, à savoir : la vallée supérieure de Babouche, la plaine de Babouche et la plaine de Mézera. Ce synclinal est compris entre les flancs est et ouest des anticlinaux curieux qui enserrent les vallées de Telidjen et de Guibeur, au milieu desquelles le Trias perce en diapyre. Le soubassement de ce synclinal est formé par les calcaires de l'Éocène inférieur; l'allure des couches montre qu'à Babouche comme à Mézera, le synclinal affecte la disposition en cuvette dont les bords sont

(¹) R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1259.

(²) v. Auwers et Eisenlohr, *J. f. prakt. Ch.*, t. 84, 1911, p. 1-121. — v. Auwers et Schmidt, *Ber.*, t. 46, 1913, p. 457. — v. Auwers, *Ber.*, t. 46, 1913, p. 498. — v. Auwers et Lange, *Lieb. Ann.*, t. 409, 1915, p. 161-162.

relevés de toutes parts, de sorte que le petit oued Babouche, pour entrer et sortir de ces cuvettes, a dû scier son lit dans les calcaires en créant ainsi de véritables cañons (défilé de Mézera, sortie de Mezou, etc.). Le sol qui constitue les plaines est couvert d'un limon homogène, qui suggère l'idée que le synclinal fut jadis occupé par un lac étendu.

A $2^{km}$ environ à l'aval de l'entrée de la vallée de Babouche, et sur la rive droite de celle-ci, on voit affleurer dans les éboulis des bancs épais d'un minerai noirâtre et oolithique, qui plongent de 30° environ contre la vallée, et apparaissent à $30^m$ en moyenne au-dessus de celle-ci, et tout près de sa bordure. Cet affleurement se poursuit sur $60^m$, puis il disparaît sur $800^m$ sous les éboulis, mais le minerai réapparaît au delà sur une série d'affleurements très rapprochés, échelonnés sur plus de $1500^m$. Partout les couches plongent de 30° à 35° contre la vallée, et le minerai oolithique présente une grande régularité. Son épaisseur totale oscille entre $8^m$ et $20^m$, le complexe est ordinairement divisé en deux bancs inégaux, séparés par une intercalation de limonite plus ou moins argileuse, qui mesure de $2^m$ à $3^m,5$ d'épaisseur.

L'aspect du minerai est invariable, les oolithes sont de petite dimension, le ciment ferrugineux ou argileux qui les réunit, nul ou très réduit. Par endroits, on trouve dans les bancs du minerai oolithique des rares et petits galets de silex. La composition moyenne (pour 100) très constante de ce minerai est la suivante :

$$SiO^2 = 4, \quad CaO = 2, \quad Fe = 54, \quad Mn = 1,14, \quad Ph = 0,71, \quad S = 0,$$
$$\text{Perte au feu} = 13,5.$$

Ordinairement on voit très mal le toit et le mur du minerai; cependant, au point culminant des affleurements, on relève le profil suivant (à $50^m$ au-dessus de la vallée) :

| | | |
|---|---|---|
| *a.* Au mur. Calcaire éocène inférieur. | m. | |
| *b.* Argiles verdâtres plus ou moins gréseuses........... | 60 | (env.) |
| *c.* Zone argileuse, avec bancs limonitiques ocreux....... | 15-20 | » |
| *d.* Minerai oolithique compact en deux bancs séparés par $2^m$ de limonite.................................. | 15 | » |
| *e.* Banc de limonite.................................. | 1,2 | » |
| *f.* Lumachelle à *Ostrea Bogharensis*................. | 0,30 | » |
| *g.* Limonites argileuses.............................. | 1,5-2 | » |
| *h.* Banc de conglomérat à galets de calcaires et de silex.. | 1 | » |
| *i.* Série argilo-gréseuse, limonitique à la base, formant le toit d'épaisseur inconnue, visible sur............... | 60 | » |

Les affleurements de minerai oolithique cessent brusquement sur le flanc occidental du synclinal, dans la plaine de Babouche; ils ne se retrouvent pas également dans la vallée, au flanc oriental du synclinal. Cette disposition est imputable soit à un étirement qui s'est effectué alternativement sur les deux flancs du synclinal, soit à l'érosion qui a fait totalement disparaître l'un de ces deux flancs, et ceci en sens inverse, dans la vallée et dans la plaine de Babouche.

A l'entrée de la plaine de Babouche, sur la rive gauche de l'oued, et donc au flanc oriental du synclinal, on observe un nouvel affleurement de minerai sur $60^m$, mais l'oolithique est réduit, accompagné d'argiles, et recouvert par des bancs de conglomérat. De là, sur $2^{km}$ environ, on perd de nouveau toute trace de ce minerai au flanc oriental du synclinal, dans la région où les calcaires qui forment ce flanc s'abaissent jusqu'au niveau de la plaine; mais bientôt les affleurements réapparaissent, et se poursuivent sans interruption, sur plus de $2^{km}$. Le profil de la zone à minerai au flanc oriental du synclinal, dans la plaine de Babouche, est alors la suivante :

| | | |
|---|---|---|
| *a*. Au mur, calcaires de l'Éocène inférieur. | | |
| *b*. Zone d'argiles verdâtres | $30^m$-$40^m$ | (env.) |
| *c*. Argiles plus ou moins limonitiques | 12 | » |
| *d*. Banc de minerai oolithique compacte | 1,5-2,5 | » |
| *e*. Calcaire gris clair | 0,15-0,20 | » |
| *f*. Limonites ocreuses ou argileuses | 2-5 | » |
| *g*. Banc de minerai oolithique | 3,5 | » |
| *h*. Limonite | 1 | » |
| *i*. Mince banc de calcaire | 0,15 | » |
| *k*. Argiles limonitiques et argiles verdâtres | 10 | » |
| *l*. Argiles bariolées, rosées, gypseuses | 150-160 | » |
| *m*. Conglomérat miopliocène, en petits bancs de $0^m,7$ séparés par des formations gréseuses rougeâtres, formant le toit | 50-80 | » |

Ce profil se retrouve partout dans ses grandes lignes, toutefois d'épaisses formations argileuses et limonitiques peuvent s'intercaler dans l'horizon à minerai, de sorte que la succession des bancs du minerai oolithique est différente.

Dans la vallée de Mézera, le minerai se retrouve au flanc oriental du synclinal dès la sortie du défilé; l'affleurement se poursuit sur $200^m$; mais au début, ce minerai bute par une faille contre les calcaires, puis prend ensuite son allure ordinaire. La succession observée est la même qu'à la plaine de Babouche.

Résumant maintenant ce qui précède, nous avons établi les points principaux suivants :

1. Le minerai oolithique sédimentaire existe en Algérie et occupe la région synclinale de Babouche. Il est intercalé dans des formations argileuses et limonitiques épaisses, développées au mur et surtout au toit, qui sont recouvertes par des poudingues miopliocènes. L'âge du minerai est vraisemblablement la base de l'Éocène moyen.

2. Le synclinal n'est jamais complet, l'un des deux flancs est supprimé, et ceci alternativement sur les jambages est et ouest. Cette disposition est le fait d'un étirement possible et même probable, combiné avec une torsion, ou simplement résulte de l'érosion.

3. Le minerai oolithique a des caractères constants sur toute l'étendue du synclinal.

4. Il existe une différence appréciable de faciès sur les deux flancs du synclinal, non pas dans le minerai oolithique lui-même, mais dans les formations qui l'accompagnent, et dans la disposition de ses bancs dans celles-ci.

5. Le synclinal a été disloqué en deux endroits, le premier à la sortie de la vallée de Babouche, le second à l'entrée de celle de Mézera.

BOTANIQUE. — *Le Katoka, arbre à graines comestibles de Madagascar.* Note de M. **Henri Jumelle**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'intérêt commercial qui s'est attaché, cette année, à des graines dites « de katoka », importées de l'ouest de Madagascar, nous a amené à rechercher l'origine botanique de ces graines qui restait ignorée. Nous savons aujourd'hui que l'espèce productrice est une Artocarpée que nous considérons comme nouvelle et qui appartient au genre *Treculia*. Elle est voisine, par conséquent, du Jaquier et de l'arbre à pain.

Le *katoka*, encore appelé par les Sakalaves *tobory* et *stipa* dans l'ouest de Madagascar, est un arbre qui peut atteindre 30$^{m}$ de hauteur. Son tronc, toujours profondément sillonné, avec des contreforts saillants et comme ailés, est à écorce lisse et grisâtre. Les jeunes rameaux sont pubescents.

Les feuilles sont persistantes. Leur pétiole, qui présente, lorsqu'elles sont jeunes, la même légère pubérulence que les rameaux, a de 8$^{mm}$ à 12$^{mm}$ et est, en général, un peu plus long et moins épaissi que chez le *Treculia madagascarica* du centre de Madagascar. Le limbe du *katoka*

est coriace, anguleux ou obtus et inéquilatéral à la base, arrondi ou aigu au sommet, plus large dans la moitié inférieure que dans la moitié supérieure. Il a, par exemple, $16^{cm}$ sur $5^{cm}$, ou $18^{cm}$ sur $7^{cm}$, plus rarement $11^{cm}$ sur $4^{cm}$, et est plus oblong que celui du *Treculia madagascarica*, dont il se distingue encore par la nervation plus fine et plus régulièrement réticulée qui occupe les intervalles des nervures secondaires. Ce dernier caractère est aussi un de ceux qui séparent le *katoka* du *Treculia africana* du continent africain, dont les feuilles, d'autre part, sont plus grandes et plus ovales.

La floraison a lieu en octobre, et les fruits mûrissent en janvier et février.

Les *Treculia* sont ordinairement considérés comme dioïques, M. Perrier de la Bâthie admet cependant que le *katoka* peut être aussi monoïque. En général, les réceptacles mâles sont sur les branches jeunes, et les réceptacles femelles sur les rameaux plus âgés. Les réceptacles mâles et desséchés que nous avons vus avaient de $2^{cm},5$ à $4^{cm}$ de longueur sur $2^{cm}$ à $3^{cm}$ d'épaisseur; ils sont obovales, retrécis vers la base. Aux fleurs sont intercalées des bractées peltées, en écusson, qui sont soudées basilairement sur les deux tiers environ de leur longueur (alors que la soudure remonte jusqu'au-dessous immédiatement de l'écusson dans le *Treculia madagascarica*). Au moment de l'épanouissement floral, ces bractées sont, pour la plupart, largement dépassées par les fleurs, qui ont un périanthe hyalin, courtement campanulé, à trois ou quatre petites dents ciliées et sont à quatre étamines saillantes. Les réceptacles femelles ont sensiblement la même forme et portent les mêmes écailles peltées que les réceptacles mâles, mais sont plus gros ($5^{cm}$ à $6^{cm}$ sur $3^{cm}$ à $5^{cm}$, et plus), et les fleurs femelles, disposées sur plusieurs rangs, sont enfouies entre les bractées, que les stigmates seuls dépassent. Ces étroites lanières stigmatiques, de $5^{mm}$ à $7^{mm}$, légèrement papilleuses et obtuses, surmontent, au nombre de deux pour chaque ovaire, un court style velu, de $3^{mm}$.

A la maturité, le réceptacle femelle devient un syncarpe (ou faux fruit) sessible, assez irrégulier de forme, rappelant celui du Jaquier; il atteint $30^{cm}$, et plus, de diamètre, et peut peser $5^{kg}$ et davantage. Il est charnu et présente vers la surface six ou sept rangées d'akènes.

Ceux-ci sont ovoïdes, de la grosseur d'une petite noisette. Chacun contient, sous un mince péricarpe ligneux, brun à sec, une graine sans albumen et pendante, qui provient d'un ovule courbe, et qui a pour tégument une mince pellicule semblable au tégument de l'arachide. L'embryon

est à deux cotylédons de largeur inégale, complètement repliés, leurs sommets, qui sont légèrement échancrés ou bilobés, se rabattant jusqu'au niveau de la radicule; le cotylédon le plus large enveloppe le plus étroit, qui est en forme d'épaisse languette.

Ce *Treculia*, que nous nommons *Treculia Perrieri*, est commun dans l'ouest de Madagascar, dans les bois humides, au-dessous de 300$^{m}$, sur les alluvions de toutes les rivières, depuis l'Extrême-Sud jusqu'à l'Extrême-Nord. Il paraît seulement manquer dans le Sambirano.

Son bois, blanc, est très bon; on en fait, sur place, des cuillers et d'autres petits objets de ménage, tels que plats, assiettes, etc.

Les graines sont ordinairement signalées comme graines grasses et ont été vendues comme telles à Marseille, mais il y a eu, paraît-il, quelques déceptions. Nous n'en sommes pas surpris, car l'examen microscopique décèle bien la présence de gouttelettes d'huile dans les cellules des cotylédons, mais ces cellules sont surtout remplies de grains d'amidon. Ces graines de *Treculia Perrieri* sont vraisemblablement plus amylacées qu'oléagineuses. Elles sont, au reste, comestibles, de bon goût, et, à Madagascar, sont mangées par les indigènes. La production de l'arbre équivaudrait à peu près à celle du Jaquier, dont les graines, on le sait, sont également alimentaires.

BOTANIQUE. — *Le méristème terminal de la tige et sa division en régions.* Note de M. H. **Bouygues**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que la seule distinction qu'on puisse établir dans le sommet de la tige des plantes phanérogames est celle d'un épiderme recouvrant un méristème général homogène et primitif [1].

Mais au fur et à mesure qu'on s'éloigne du sommet, cette homogénéité disparaît de plus en plus. De sorte que, à une certaine distance du point végétatif, le méristème général se trouve divisé en deux régions : l'une, interne, ou méristème prévasculaire; l'autre, externe, ou méristème cortical, qui entoure complètement la première.

Or ces mêmes faits se retrouvent encore dans la tige des Cryptogames vasculaires, que celle-ci soit souterraine ou aérienne.

Aussi peut-on dire que les plantes vasculaires, en général, ne possèdent d'écorce différenciée qu'à partir du moment où le méristème prévasculaire

(1) H. Bouygues, *Apparition des tissus et des régions dans le sommet de la tige de Phanérogames* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 395).

l'est lui-même au sein du méristème général. L'existence et l'étendue du méristème cortical sont étroitement liées à celles du méristème prévasculaire. En outre, ces deux régions se séparent nettement l'une de l'autre d'une manière fort simple. En effet, l'activité de cloisonnement se ralentit dans les éléments du méristème cortical, tandis qu'elle se maintient plus rapide dans les éléments du méristème prévasculaire. Il s'ensuit que les éléments de la première région sont plus grands que ceux de la deuxième. Et comme cette différence de calibre se fait sans transition aucune, il en résulte une séparation naturelle entre les deux régions. C'est la seule qui existe vraiment, à l'origine même, et de laquelle on ne peut douter puisqu'elle est nettement visible.

Toutefois, au fur et à mesure qu'on s'éloigne du point végétatif, il apparaît, surtout dans le méristème prévasculaire, des modifications importantes dont l'ensemble modifie plus ou moins la netteté primitive de cette limite naturelle.

Dans toutes les tiges, en effet, dont le système libéro-ligneux est continu, cette netteté se maintient bien; mais, par contre, dans celles où le système est discontinu, cette limite est parfois difficile, sinon impossible à retrouver : les éléments de l'écorce étant le plus souvent, dans ce cas, identique à ceux des rayons médullaires.

Toutefois, malgré cette incertitude, il nous paraît normal, à la suite de nos recherches, de considérer comme formant l'écorce, dans une tige à l'état dit *primaire*, l'ensemble des tissus immédiatement situés à l'extérieur du système libéro-ligneux.

Ainsi conçue, l'écorce adulte reste ce qu'elle est dans son très jeune âge, c'est-à-dire un reliquat du méristème général non différencié en méristème prévasculaire, entourant complètement et toujours celui-ci, quelles que soient les modifications qui s'y produisent dans la suite et restant en connexion étroite avec lui.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évaporomètres et mouvement des fluides au travers des membranes.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Comme suite aux expériences dont j'ai parlé antérieurement [1] je me propose d'en signaler de nouvelles dans lesquelles j'ai employé des évaporo-

(1) Pierre Lesage, *Expériences utilisables en physiologie végétale sur l'osmose et sur l'aspiration due à l'évaporation* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 358).

mètres d'une forme particulière. Chaque évaporomètre est un appareil Askenasy où le gâteau de plâtre est remplacé par une membrane ou bien encore c'est un osmomètre de Dutrochet retourné. Il comprend deux parties : A, une petite cloche avec douille et à bords rabattus à angle droit, sa partie large est fermée par une membrane d'acétocellulose imprégnant une toile servant de support, sa douille reçoit un bouchon avec tube étroit, long ou court suivant les besoins de l'expérience, droit ou courbe suivant qu'on veut avoir une dépression ou une pression sur la membrane; B, un récipient contenant de l'eau, une solution ou du mercure et de l'eau, le tout recouvert d'une légère couche d'huile au moment voulu.

Avec de l'eau pure ou une solution, on remplit A qu'on renverse sur B et l'on assujettit le tout pour en faire un ensemble portatif afin de pouvoir le peser de temps en temps. L'évaporation se fait uniquement par la membrane, on peut la suivre par des pesées $P_1, P_2, \ldots, P_m, \ldots, P_n$ faites à des temps $t_1, t_2, \ldots, t_m, \ldots, t_n$ et acquérir des notions de vitesse par $\frac{P_m - P_n}{t_n - t_m}$.

Les évaporomètres ainsi construits peuvent se prêter à des essais successifs avec un seul appareil ou à des essais simultanés avec plusieurs. Ces méthodes présentent des inconvénients toutes les deux. Avec le mode successif il faut tenir compte de la température qui varie, de l'état hygrométrique de l'atmosphère et de tout ce qui peut le modifier; il y a lieu, aussi, de dire que la membrane elle-même se modifie à la longue et, par là, introduit des perturbations dont je me suis rendu compte. Avec le mode simultaire, la comparaison de plusieurs évaporomètres est plus avantageuse, mais elle n'est pas exempte de causes d'erreur; d'abord, il y a les différences individuelles entre les diverses membranes employées, différences dans la structure, il y a aussi différences dans la région d'évaporation, région qui n'est pas rigoureusement localisée à la section de la cloche, comme j'ai pu le vérifier en vaselinant les côtés de l'ajustage de la membrane et constatant que, dans ce cas, l'évaporation était plus faible que lorsqu'on ne les avait pas vaselinés.

En somme, ces appareils sont loin d'être parfaits; malgré cela, ils m'ont permis de faire des comparaisons utiles, d'observer des faits qui pourront servir tels quels ou repris avec plus de soin, avec plus de détails. Voici quelques-uns de ces faits.

En employant les filtrats des macérations de trois plantes ($10^g$ de feuilles dans $500^g$ d'eau) et de l'eau de source comme témoin, j'ai suivi l'évaporation pendant 27 jours par des pesées journalières et j'ai construit plusieurs

groupes de courbes des vitesses d'évaporation $\left(\frac{P_m - P_n}{t_n - t_m}\right)$ en prenant les temps pour abscisses et les pertes de poids pour ordonnées et variant $t_n - t_m$. Pour $t_n - t_m$ égal à 48 heures ou 72 heures, les courbes forment un ensemble très facile à lire. La vitesse d'évaporation est, comme il fallait s'y attendre, plus grande avec l'eau qu'avec les filtrats; mais toutes les courbes sont assez sensiblement parallèles entre elles et parallèles à celle de l'eau, moins une qui s'incline un peu plus fortement. Cette vitesse diminue assez rapidement pendant les cinq premiers jours sans qu'on puisse l'attribuer à la température qui se maintient sensiblement égale; puis la diminution se fait plus lentement jusque vers le quinzième jour, après quoi la vitesse paraît se stabiliser, suivant seulement les légères variations de la température.

Pour expliquer la diminution du début on ne peut invoquer la concentration croissante des liqueurs, car la variation du volume total du liquide est trop faible, cette diminution se fait même pour l'eau et, d'autre part, elle aurait dû se continuer et s'exagérer dans la seconde moitié de l'expérience, ce qui ne s'est pas produit. Cette explication doit se trouver dans la membrane qui se modifie et présente, comme je l'ai observé au microscope, des coupes transversales qui sont bien intéressantes à étudier et sur lesquelles je reviendrai plus tard.

En ce qui concerne la concentration, j'avais fait, au début, trois liqueurs diluées dans les rapports de 1 à 2 et à 4; les courbes indiquent bien que l'évaporation est plus faible pour les plus fortes concentrations; mais la vitesse ne paraît pas croître proportionnellement avec la dilution.

Les mêmes observations ont été faites avec le saccharose et le glucose pour des solutions à 1 molécule-gramme au litre, à $\frac{1}{3}$, à $\frac{1}{9}$ de molécule-gramme.

Un autre ordre de faits aussi curieux s'est présenté avec une atmosphère limitée dans A et séparant l'eau de la membrane évaporante. Si l'air est introduit dès le début de l'expérience, même sur une longueur de $20^{mm}$, l'évaporation se continue avec une vitesse comparable à celle qu'elle avait quand l'eau touchait la membrane; mais si l'air est introduit au travers de la membrane par aspiration due à une assez forte dépression dans A, il y a bien encore évaporation, mais la vitesse est rapidement diminuée. Dans le deuxième cas, la structure de la membrane a subi des modifications qui ne se produisent pas ou ne se produisent que lentement et tardivement dans le premier cas.

Au sujet de cette aspiration, j'ai déjà indiqué ([1]) que A étant renversé sur B contenant du mercure, il y avait eu aspiration du mercure sur une longueur de $220^{mm}$ quand j'ai arrêté une expérience dans laquelle le mercure aurait peut-être pu être soulevé à une plus grande hauteur. Nous concevons par ce qui vient d'être dit, qu'il y a une limite à laquelle de l'air entre dans A. D'ailleurs, dans le même appareil, on peut voir le mercure aspiré, puis la colonne s'affaisser en même temps que de l'air a pénétré par la membrane, puis le mercure remonter et s'affaisser à nouveau, un certain nombre de fois. Il y aura lieu, plus tard, de rappeler ces oscillations plus ou moins brusques dans la période d'affaissement. Retenons que sous l'influence d'une dépression suffisante, l'évaporation diminue.

J'ai vérifié l'inverse en disposant l'évaporomètre de manière à provoquer une pression sur la membrane; dans ces conditions la vitesse d'évaporation est accélérée.

Ces rapports entre l'évaporation, la pression, la dépression peuvent trouver leur utilisation dans l'étude de la transpiration et du mouvement des fluides dans les plantes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le brome et le chlore existant normalement dans les tissus animaux.* Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note précédente ([2]), nous avons indiqué une méthode de dosage du brome, à l'état de traces, dans les matières organiques. Cette méthode, très sensible et très sûre, appliquée à différentes substances, a permis d'y déceler le brome dans les proportions suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Coton hydrophile | $0^{mg},40$ | pour $100^g$ |
| Sucre de lait | 0,30 | » |
| Charbon de bois | 1,00 | » |
| Urée de commerce dite *pure* | 0,60 | » |

Étant donnée la certitude que nous avions de l'absence de brome dans nos réactifs, nous avons dû ne considérer comme possible l'application de notre méthode qu'après l'avoir appliquée à des substances donnant des résultats rigoureusement négatifs. En faisant des cristallisations répétées d'urée dans l'alcool, nous avons obtenu ce produit dans un état de pureté

([1]) *Loc. cit.*

([2]) A. Damiens, *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 799.

répondant à nos besoins. Nous avons alors examiné les organes de différents animaux. Voici quelques-uns des chiffres obtenus :

| | Organe. | Iode ([1]). | Brome. (Milligrammes pour 100g d'organes frais.) | Chlore. | Rapport : $\frac{Br}{Cl}$. |
|---|---|---|---|---|---|
| Bœuf | Sang défibriné | 0 | 0,52 | 396 | 0,00132 |
| | Poumons | 0 | 0,42 | 348 | 0,00120 |
| | Glandes surrénales | 0 | 0,13 | 106 | 0,00122 |
| Chien ([2]) n° 1 (de 28kg) tué par saignée à la carotide. | Poumons | 0 | 0,40 | 210 | 0,00190 |
| | Trachée | 0 | 0,20 | 80 | 0,00250 |
| | Foie | 0 | 0,25 | 110 | 0,00227 |
| | Reins | 0 | 0,40 | 210 | 0,00190 |
| | Rate | 0 | 0,41 | 200 | 0,00205 |
| | Cœur | 0 | 0,16 | 160 | 0,001 |
| | Muscle | 0 | 0,10 | 55 | 0,00181 |
| | Cerveau | 0 | expérience perdue | | |
| | Cervelet | 0 | 0,20 | 130 | 0,00154 |
| | Bulbe | » | insensible ([3]) | 100 | » |
| | Glande thyroïde | 32,2 | insensible ([3]) | non dosé | » |
| | Glandes surrénales | 0 | insensible ([3]) | 220 | » |
| | Testicules | » | 0,53 | 220 | 0,00241 |
| | Sang total | 0 | 0,42 | 270 | 0,00155 |
| | Sérum | 0 | 0,60 | 390 | 0,00153 |
| | Globules sanguins | 0 | 0,50 | 250 | 0,00200 |
| | Urine | 0 | 0,05 | 36 | 0,00140 |
| | Bile | 0 | 0,08 | 40 | 0,00200 |

| | | Organe. | Poids des organes. | Iode. (Milligrammes pour 100g d'organes frais.) | Brome. | Chlore. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chien de 10kg | (piqûre du bulbe). | Glande thyroïde | g 1,22 | 8,2 | Insensible | 200 |
| » de 9kg | » | » | 0,81 | 17,2 | » | 220 |
| » de 8kg,100 | » | » | 1,025 | 37 | « | 180 |
| » de 9kg,300 | » | » | 1,152 | 21,7 | » | 200 |

([1]) La recherche de l'iode n'est faite que pour confirmer celle du brome. Les résultats ne doivent pas être rapportés à la matière organique primitive.

([2]) Ce chien a été sacrifié par les soins de M. le Professeur Mayer, qui a bien voulu en prélever les organes. Nous le prions de recevoir nos vifs remerciements.

([3]) Le faible poids de matière traitée permet de croire que la recherche dépasse la limite de sensibilité de la méthode.

| | Organe. | Milligrammes pour 100g d'organes frais. Iode. | Brome. | Chlore. | Rapport : $\frac{Br}{Cl}$. |
|---|---|---|---|---|---|
| Pigeon | Poumons | 0 | 0,84 | 185 | 0,00453 |
| Perdreaux nos 1 et 2 | Poumons | » | 0,50 | » | » |
| | Gésier n° 1 | » | 0,20 | » | » |
| | Gésier n° 2 | » | 0,30 | » | » |
| | Contenu gésier n° 1 | » | 0,40 | » | » |
| | » » n° 2 | » | 0,30 | » | » |
| | Contenu intestin n° 1 | » | 0,40 | » | » |
| | » » n° 2 | » | 0,35 | » | » |
| Poule | Poumons | » | 0,10 | » | » |
| | Cœur | » | 0,10 | » | » |
| | Foie et reins | » | 0,05 | » | » |
| Hommes nos 1 à 5 | Urine | 0 | 0,75 | 908 | 0,00082 |
| | » | 0 | 0,30 | 756 | 0,00039 |
| | » | 0 | 0,45 | 671 | 0,00067 |
| | » | 0 | 0,59 | 823 | 0,00072 |
| | » | 0 | 0,59 | 875 | 0,00068 |
| Homme n° 6, mort par suicide | Poumons | 0 | 0,20 | 240 | 0,00083 |
| | Foie | » | 0,18 | 165 | 0,00109 |
| | Rein | » | 0,25 | 170 | 0,00147 |
| Homme n° 7, mort intoxiqué par les gaz d'un moteur | Poumons | 0 | 0,28 | 244 | 0,00114 |
| | Foie | » | 0,37 | 207 | 0,00177 |
| Homme n° 8, mort accidentellement | Poumons | 0 | 0,14 | 230 | 0,00061 |

Ces essais faits sur des organes d'hommes et d'animaux normaux démontrent que :

1° La présence du brome est constante dans tous les organes examinés, sauf lorsque les quantités d'organes traités sont assez faibles pour que les proportions de brome attendues dépassent la limite de sensibilité de la méthode ;

2° Le rapport du brome au chlore, dans les organes d'un animal donné, peut être considéré comme sensiblement constant, aux erreurs d'expérience près. Pour le bœuf, dont on a analysé trois organes, la moyenne du rapport est 0,00123. Pour le chien n° 1, 0,00184. Pour un autre chien dont nous avons de même analysé vingt organes, la moyenne est 0,00156. Pour l'homme n° 6, la moyenne est 0,00113; pour le n° 7, 0,00145.

Les chiffres trouvés pour les différents organes ne s'écartent pas en

général de la moyenne, d'une quantité supérieure à l'erreur qui s'attache au dosage colorimétrique. Cette erreur varie de 10 à 50 pour 100 suivant la quantité de brome trouvée.

Plusieurs auteurs ont supposé que la glande thyroïde renfermait beaucoup de brome, à côté de la forte proportion d'iode que l'on sait s'y trouver. Nos essais faits sur les organes de cinq chiens ont montré qu'il ne se produit aucune accumulation de brome parallèle à celle de l'iode.

La présence constante du brome normal dans les organes animaux peut donc être considérée comme rigoureusement démontrée. Nos expériences ne nous ont pas conduit à trouver, dans les tissus examinés, que cet élément ait, pour l'un d'entre eux, une affinité qui ne soit parallèle à celle du chlore.

ENTOMOLOGIE. — *Variation dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux chez* Chersodromia hirta *Walk. Perte de la faculté du vol.* Note de **M. L. Mercier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

*Chersodromia hirta* Walk est un petit Diptère ($3^{mm}$ à $4^{mm}$ de long) de la famille des *Empidæ* relativement commun en certains points des côtes normande et bretonne; on le trouve à la limite qu'atteint le flot, sous les paquets d'Algues rejetés par la mer. Bien que cet Insecte possède des ailes parfaitement développées et en apparence propres au vol, on ne le voit jamais volant à la surface des Algues en décomposition comme le font, par exemple, *Fucellia maritima* Hall., *Cœlopa frigida* Fall., etc. D'ailleurs, le vol paraît avoir si peu d'importance pour *Chersodromia*, qu'il n'est pas rare de rencontrer des individus ne possédant plus, les uns qu'une seule aile, les autres deux courts moignons alaires, les ailes ayant été rongées par un Acarien. Rien ne distingue, dans la fuite, ces amputés, de la majorité de leurs congénères; ce n'est qu'après capture que l'on se rend compte de leur infirmité.

Cependant, lorsqu'on soulève les paquets d'Algues, on constate que, si beaucoup de *Chersodromia hirta* fuient avec rapidité à l'aide de leurs longues pattes agiles, sans chercher à faire usage des ailes, certains individus s'échappent par un vol très court. Toutes les *Chersodromia* n'ont donc pas perdu la faculté de voler. Or, ainsi que je m'en suis rendu compte, les individus qui ne volent pas ont les ailes aussi développées que ceux qui volent. La perte de la faculté du vol n'est donc pas consécutive à la réduction de la surface alaire. En présence de cette constatation, j'ai entrepris

l'étude des muscles moteurs du vol; et, dans la présente Note, je me propose d'exposer les résultats de mes recherches sur les muscles vibrateurs longitudinaux.

Chez *Chersodromia hirta*, les muscles vibrateurs longitudinaux sont au nombre d'une paire et chaque muscle est composé, ainsi d'ailleurs que chez beaucoup d'autres *Empidæ*, d'un nombre relativement considérable de fibres. Mais, comme le montre le Tableau suivant, le nombre des fibres est susceptible de varier, suivant les individus, du simple au double.

En effet, sur 12 *Chersodromia* examinées, j'en ai compté :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Avec 57 | fibres | musculaires au total | ................ | 1 |
| » 55 | » | » | ................ | 1 |
| » 54 | » | » | ................ | 1 |
| » 53 | » | » | ................ | 1 |
| » 46 | » | » | ................ | 1 |
| » 41 | » | » | ................ | 2 |
| » 40 | » | » | ................ | 1 |
| » 39 | » | » | ................ | 1 |
| » 35 | » | » | ................ | 2 |
| » 29 | » | » | ................ | 1 |

Je note de suite que cette variation est indépendante du sexe, car j'ai constaté l'existence de femelles à 57 et 35 fibres, aussi bien que celle de mâles à 53 et à 35.

A ma connaissance, jamais pareille variation n'a été signalée dans le nombre des fibres composant les muscles vibrateurs longitudinaux chez les Insectes appartenant à des espèces qui volent normalement.

Au contraire, il semble bien que, chez ceux-ci, le nombre des fibres musculaires est sensiblement constant pour une même espèce. En effet, et ainsi que Pérez [1] (1910) l'a constaté chez *Calliphora erythrocephala* Mg., le morcellement des masses syncytiales larvaires, à la suite duquel se forment les fibres de l'adulte, n'est pas laissé au hasard; « il se réalise toujours suivant un même plan et aboutit toujours à la constitution du même nombre de massifs semblablement disposés ».

Lorsqu'une variation a été constatée, elle est très faible, ainsi d'ailleurs qu'il ressort des numérations faites par Janet [2] (1907) chez des reines de

---

[1] Ch. Pérez, *Recherches histologiques sur la métamorphose des Muscides*. Calliphora erythrocephela *Mg.* (*Arch. Zool. exp.*, 5e série, t. 4, 1910, p. 1).

[2] Ch. Janet, *Anatomie du corselet et histolyse des muscles vibrateurs, après le vol nuptial, chez la reine de la Fourmi* (Lasius niger). Limoges, Ducourtieux et Gout, 1910.

*Myrmica rubra* et de *Lasius niger;* chez les premières le nombre des fibres est compris entre 32 et 36, chez les secondes entre 56 et 64.

Enfin, quel que soit leur nombre, les fibres des muscles vibrateurs longitudinaux de *C. hirta* sont striées et par suite fonctionnelles. Par conséquent, si des individus ne volent plus, c'est vraisemblablement parce que leurs muscles vibrateurs n'ont plus une puissance suffisante pour permettre le vol.

On peut donc conclure à une relation de cause à effet entre le nombre des fibres musculaires et le degré d'aptitude au vol.

J'ai constaté chez un exemplaire de *C. hirta* une curieuse anomalie qui laisse supposer que la variation présentée par les muscles vibrateurs longitudinaux peut être plus importante encore. Chez cet individu, le muscle gauche était normalement constitué et présentait 21 fibres, alors que le muscle droit était presque totalement disparu. Son emplacement était occupé par une énorme vésicule trachéenne et sept fibres musculaires seulement s'étaient développées.

Que cette disposition qui, jusqu'à présent, nous apparaît comme une anomalie, soit symétrique, et nous trouverons réalisé chez *C. hirta* le dispositif existant chez la *Nèpe* cendrée et étudiée par Ferrière (1913) et Brocher (1916) [1]. On sait, en effet, que cet Hémiptère ne vole pas, bien qu'il ait des ailes, car les muscles du vol sont atrophiés et remplacés par des trachées.

Un dernier point reste à envisager : c'est la recherche du déterminisme de la variation du nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux.

Il est difficile d'admettre (après les arguments apportés par Cuénot dans son Livre sur *La Genèse des Espèces animales*, p. 457) que cette variation, corrélative de la perte de la faculté du vol, est uniquement due, selon l'interprétation darwinienne, à une action de sélection naturelle combinée avec le défaut d'usage.

Par contre, il est incontestable que les quelques chiffres donnés précédemment suggèrent l'idée d'une variation continue. Mais le tableau de ces chiffres peut aussi bien traduire une mutation oscillante, une mutation infixable, une suite de mutations discontinues échelonnées, qu'une fluctuation. Nous savons, en effet, que certains facteurs du milieu extérieur (expériences de Dewitz) sont susceptibles d'entraver le développement

(1) F. Brocher, *La Nèpe cendrée* (*Arch. Zool. exp.*, t. 55, 1916, p. 483).

d'ébauches imaginales et de déterminer, par suite, l'atrophie des organes correspondants chez l'adulte.

Il pourrait donc se faire que les *Chersodromia* à nombre de fibres musculaires réduit proviennent, par exemple, de larves mal nourries. Cependant, dans l'absence de données plus complètes et surtout d'expérimentation, il ne faut pas se hâter de conclure et d'admettre l'action d'un facteur du milieu extérieur là où il existe peut-être un phénomène de l'ordre d'une mutation.

Quoi qu'il en soit, et dès à présent, *C. hirta* nous apparaît, en ce qui concerne les muscles vibrateurs longitudinaux, comme une espèce en pleine variation, et il est possible de comprendre pourquoi certains individus volent alors que d'autres ne volent pas bien que, dans les deux cas, les ailes soient également développées.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur l'organogenèse dans les blastozoïtes de* Perophora. Note de MM. **Ch. Julin** et **A. Robert**, présentée par M. Henneguy.

A notre connaissance, les dernières publications importantes qui ont traité de l'organogenèse dans les blastozoïtes de *Perophora* sont celles de Ritter (1896), Hjort (1896) et Lefèvre (1898). Étant donné qu'elles ne sont pas concordantes sur toutes les questions, nous avons estimé qu'il serait utile de nous livrer à de nouvelles observations. Nos matériaux d'étude ont été recueillis à diverses époques au laboratoire de Roscoff et se rapportent à *Perophora Listeri*.

Ritter admet que la vésicule interne ou endoblastique du bourgeon dérive de la cloison stoloniale et qu'à ses dépens se forment le sac branchial et les sacs péribranchiaux, ainsi que le tube digestif, d'une façon essentiellement semblable à celle dont se développent ces organes dans tous les autres bourgeons d'Ascidies. L'ébauche cardio-péricardique procède de la paroi de la vésicule interne, bien que, selon lui, il reste quelque doute sur la question de savoir si elle ne résulte pas d'une agrégation de cellules du mésenchyme, ces dernières provenant probablement, en dernière analyse, de l'endoderme. L'ébauche commune au ganglion nerveux et à la glande neurale ou hypophyse (c'est-à-dire le tube dorsal de Hjort) aurait pour origine primitive, d'après Ritter, une évagination de la paroi de la vésicule interne, mais ce mode d'origine primitif serait, dans la plupart des cas,

remplacé par une migration de cellules, ainsi que cet auteur l'admet pour l'organe cardio-péricardique.

Hjort, en ce qui concerne le développement de la cavité péribranchiale, se rallie à l'opinion plus ancienne de Kowalevsky, d'après laquelle la vésicule interne se diviserait en trois cavités, l'une axiale, donnant naissance au sac branchial et au tube digestif; les deux autres, latérales par rapport à la première, devenant les deux cavités péribranchiales : celles-ci s'unissent secondairement à leur extrémité dorsale pour donner lieu à la formation du cloaque. Au sujet de la formation du tube dorsal, Hjort admet également les observations de Kowalevsky d'après lesquelles cet organe naîtrait comme un épaississement de la paroi dorsale de la vésicule interne. Quant à l'ébauche cardio-péricardique, toujours conformément à l'opinion de Kowalevsky, elle dériverait d'une accumulation de cellules appliquées contre la paroi de la vésicule interne. En raison de cette juxtaposition et de l'aspect de ces éléments cellulaires, très semblable à celui des cellules de la vésicule, il admet par hypothèse que ces éléments proviennent de la vésicule interne.

Enfin Lefèvre, qui a eu le mérite de bien établir la situation du bourgeon par rapport au tube stolonial sur lequel il est placé, admet que la cavité péribranchiale se forme aux dépens de la vésicule interne par deux replis latéraux, s'accroissant d'avant en arrière. Ces replis amènent la subdivision de la vésicule en deux cavités, dont l'une, axiale, devient la cavité branchiale et dont l'autre est dorso-latérale. Les parties latérales de cette dernière deviennent les deux cavités péribranchiales, et la partie dorsale qui les fait communiquer entre elles constitue le cloaque. Celui-ci n'est donc pas, comme le pensaient Kowalevsky et Hjort, une formation secondaire, résultant de la fusion des deux extrémités dorsales des sacs péribranchiaux. Nous pouvons confirmer cette manière de voir de Lefèvre, concernant le mode de formation des cavités péribranchiales et du cloaque.

Quant au tube digestif, tous nos prédécesseurs sont d'accord pour admettre qu'il procède d'une évagination de l'extrémité inférieure de l'ébauche du sac branchial. Cette évagination s'allonge en tube, qui se différencie en œsophage, estomac, pylore et glande pylorique, intestin et décrit dans son ensemble une anse dont l'extrémité terminale vient secondairement s'ouvrir dans le cloaque sur la ligne médiane. Nous ne pouvons que confirmer ce mode de formation du tube digestif.

Pour ce qui regarde l'origine de l'organe cardio-péricardique, nous sommes en désaccord avec Lefèvre. La première ébauche de cet organe ne

procède nullement, comme il le prétend, d'un amas de cellules mésenchymateuses appliquées contre la paroi latérale droite de la vésicule interne; mais, conformément à l'hypothèse de Kowalevsky, nos préparations démontrent à l'évidence que cette ébauche est le produit d'une prolifération cellulaire intense de la partie correspondante de l'épithélium de la vésicule interne. Cet épaississement, de forme ovalaire, est oblique dorso-ventralement et d'avant en arrière. Ses éléments épithéliaux se groupent en deux assises, laissant apparaître entre elles une fine fente, qui est la future cavité péricardique. Plus tard, il apparaît une autre fente entre l'épithélium de la vésicule interne et la paroi adjacente de l'ébauche cardio-péricardique. Cette paroi reste formée par une assise de cellules cubiques qui devient la paroi cardiaque, tandis que l'autre paroi (externe) s'amincit et devient le péricarde.

Reste la formation du tube dorsal. D'après Lefèvre, cette ébauche a la même origine que l'organe cardio-péricardique, en ce sens qu'elle procède également d'une accumulation de cellules sanguines sur la face dorsale de la vésicule interne. D'après nos observations cette ébauche provient nettement d'une prolifération localisée de l'épithélium de la vésicule interne, ainsi que Kowalevsky l'avait soutenu.

Après qu'elle a formé un cordon longitudinal assez épais, il y apparaît une lumière qui lui donne l'aspect d'un tube, effilé et fermé vers son extrémité postérieure ou cloacale. Ce canal s'ouvre par son extrémité orale dans la cavité branchiale. Son plancher, resté à l'état d'épithélium cubique simple, devient la paroi du conduit excréteur de la glande neurale, pendant que sa voûte s'épaissit par multiplication de ses cellules et se transforme en le ganglion nerveux.

Les ébauches génitales se forment selon le procédé décrit par Van Beneden et Julin et qui a, du reste, été confirmé par divers auteurs chez toutes les espèces étudiées d'Ascidies simples, sociales et composées.

Ainsi, tandis que chez l'oozoïte l'épiblaste donne naissance à l'ébauche du système nerveux central ainsi qu'aux cavités péribranchiales et cloacale, le mésoblaste aux organes génitaux et l'hypoblaste enfin, à la paroi épithéliale du sac branchial et du tube digestif, nous voyons que chez le blastozoïte, si l'on fait abstraction des glandes génitales, tous les autres organes : parois des cavités branchiale, péribranchiales et cloacale, tube dorsal (comprenant le système nerveux central et la glande neurale), organe cardio-péricardique et tube digestif proviennent de la paroi de la vésicule interne. De toute façon et quelle que soit l'origine de la cloison

stoloniale et de la vésicule interne qui en dérive, qu'elle soit épiblastique ou endoblastique (cette origine semblant n'être pas la même dans toutes les formes d'Ascidies bourgeonnantes), la théorie des feuillets germinatifs, qui se vérifie d'une manière générale dans l'embryogenèse, ne se confirme pas en ce qui concerne le développement blastogénétique. Cette question a été très bien discutée par Hjort dont nous adoptons les conclusions. Tout s'explique si l'on admet que le développement blastogénétique n'est pas un processus embryogénique, mais bien un processus de régénération. Cette réflexion finale n'est pas faite pour sauver la théorie des feuillets qui, comme toutes les théories scientifiques, n'est qu'approximative.

HYGIÈNE. — *A propos de la Note de M. Louis Besson : « Relation entre les éléments météorologiques et le nombre des décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration, à Paris »* (1). Note de M. **Th. Tommasina.**

L'examen des résultats obtenus a conduit l'auteur à affirmer que : « En particulier, l'humidité n'a qu'une importance pour ainsi dire de second ordre, car elle est sous la dépendance de la direction du vent. Et comme les vents de NNE à E, les plus défavorables, sont aussi les plus secs, la statistique indique qu'en moyenne une diminution de l'humidité est suivie d'une augmentation du nombre des décès, résultat qui ne justifie pas la bonne réputation du *petit froid sec* ». La gravité de cette conclusion, si nettement contraire à l'opinion généralement admise, a attiré notre attention et nous a amené à rechercher s'il n'y avait pas là une cause d'erreur ayant passé inaperçue.

En relisant la Note nous avons pu l'établir, elle se trouve dans le fait, que la méthode statistique adoptée ne tient pas compte de la durée des maladies, donc de l'époque précise de leur manifestation.

Pour éviter cette cause d'erreur l'auteur devra compléter son travail par une statistique des malades qui entrent *immédiatement* dans les hôpitaux. Les autres, pouvant être traités chez eux et transportés dans la suite à l'hôpital, ne doivent pas entrer dans la statistique. La date de leur décès étant trop éloignée de celle de l'origine de leur maladie, ne peut que fausser le calcul. En effet, les maladies des organes de la respiration donnent lieu très souvent à des convalescences très longues, où les rechutes sont toujours

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 686.

à craindre. En tout cas les conditions météorologiques de la semaine où les décès ont lieu, n'ont rien à voir avec celles qui ont favorisé la manifestation de la maladie. On voit que les résultats, quels qu'ils soient, d'une statistique basée uniquement sur le nombre et sur l'époque des décès, n'autorise pas les conclusions de l'auteur.

A 17 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures 15.

É. P.

---

## ERRATA.

(Séance du 12 janvier 1920.)

Note de M. *Léon Pomey*, Sur les nombres de Fermat :

Page 100, théorème V, *au lieu de*

$$M^{\frac{F-1}{2}}+1\equiv 0 \pmod M,$$

*lire*

$$M^{\frac{F-1}{2}}+1\equiv 0 \pmod F.$$

(Séance du 4 octobre 1920.)

Note de M. *A. Lacroix*, Sur une série de roches syénitiques alcalines potassiques à minéraux sodiques de Madagascar :

Pages 597 à 599 (*passim*), *au lieu de* torindrikite, *lire* torendrikite.

Page 597, ligne 2 en remontant, *au lieu de* d'Itorendrika, *lire* de Torendrika.

Page 599, ligne 1, *au lieu de* mélonite, *lire* mélanite.

Page 599, Tableau, colonne *e*, *au lieu de* 18,92 et 1,07, *lire* 18,96 et 1,09; colonne *h*, *au lieu de* 56,48, *lire* 56,42.

Page 600, colonnes *j* et *l*, *au lieu de* 7,09 et 0,54, *lire* 7,06 et 0,48; note (5), *au lieu de* MnO 0,20, *lire* MnO 0,21.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 15 NOVEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** adresse les félicitations de l'Académie à M. *Ch.-Ed. Guillaume* qui vient de recevoir le prix Nobel de Physique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les gaz rares des gaz naturels d'Alsace-Lorraine.* Note (¹) de MM. **Charles Moureu** et **Adolphe Lepape**.

1. Au cours de l'étude systématique des mélanges gazeux naturels, que nous poursuivons sous les auspices de la Commission de l'Hélium, nommée par M. le Ministre de la Marine, en juin 1919, nous avons eu l'occasion d'examiner quelques gaz naturels d'Alsace-Lorraine qui offrent une très grande variété d'origine et de composition.

Nos expériences ont porté sur cinq gaz des mines de pétrole de Péchelbronn (Bas-Rhin), un gaz des mines de potasse de Wittelsheim (Haut-Rhin), un grisou des mines de houille de Sarre-et-Moselle (Moselle) et deux gaz spontanés de sources minérales, dont l'un, très riche en azote (Niederbronn, Bas-Rhin) et l'autre, très riche en anhydride carbonique (Soulzmatt, Haut-Rhin).

Pour chacun de ces gaz, nous nous sommes surtout attachés à l'étude de l'*azote brût* (azote + gaz rares).

2. Les échantillons ont été recueillis par M. Lepape lui-même (²), par déplacement d'eau, dans des flacons de verre ($750^{cm^3}$) et à l'abri rigoureux du contact de l'air (³).

(¹) Séance du 2 novembre 1920.

(²) Sauf un gaz des mines de pétrole de Péchelbronn (sondage n° 2183), qui nous a été envoyé par M. P. de Chambrier, directeur.

(³) Aux mines de potasse de Wittelsheim, les dégagements gazeux, souvent très

Chaque gaz a été traité, en principe, suivant les méthodes analytiques que nous avons fait connaître ([1]) et qui ont pour but de déterminer, successivement, l'anhydride carbonique, l'oxygène, les gaz combustibles (en bloc), l'azote, les gaz rares légers (hélium + néon) et les gaz rares lourds (argon + krypton + xénon).

COMPOSITION CENTÉSIMALE, EN VOLUMES, DE QUELQUES GAZ NATURELS D'ALSACE-LORRAINE.

| Origine. | Date du prélèvement. | Anhydride carbonique. | Oxygène. | Gaz combustibles (en bloc). | Azote. | Gaz rares en bloc. | Gaz rares Argon + traces de Kr et Xe. | Gaz rares Hélium + traces de Ne. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *I. Mines de pétrole de Péchelbronn.* | | | | |
| 1. Puits n° I (soufflard). | 2-8-1919 | traces | néant | 98,40 | 1,56 | 0,040 | 0,032 | 0,008 |
| 2. Sondage n° 437....... | 2-8-1919 | 1,49 | néant | 89,25 | 9,09 | 0,169 | 0,154 | 0,015 |
| 3. » 2141....... | 1-8-1919 | faibles tr. | néant | 98,98 | 1,00 | 0,020 | 0,017 | 0,003 |
| 4. » 2183,...... | 18-5-1920 | 0,51 | néant | 98,10 | 1,36 | 0,023 | 0,019 | 0,004 |
| 5. » 1265 (source therm.) ([2]). | 1-8-1919 | 26,05 | néant | 6,77 | 65,31 | 1,87 | 0,78 | 1,09 |
| | | | | *II. Mines de potasse de Wittelsheim.* | | | | |
| 6. Fosse Théodore....... | 6-8-1919 | 0,60 | néant | 96,67 | 2,69 | 0,038 | 0,029 | 0,0085 |
| | | | | *III. Mines de houille de Sarre-et-Moselle.* | | | | |
| 7. Puits n° V (soufflard). | 5-8-1919 | 0,67 | néant | 98,26 | 1,047 | 0,018 | 0,0155 | 0,002 |
| | | | | *IV. Sources minérales.* | | | | |
| 8. Niederbronn......... | 3-8-1919 | 5,16 | néant | néant | 92,15 | 2,69 | 1,01 | 1,68 |
| 9. Soulzmatt (source Communale)........... | 5-8-1919 | 96,16 | 0,12 | non rech. | 3,71 | 0,011 | 0,0104 | 0,0006 |
| Air atmosphérique (à titre de comparaison)...... | » | 0,0003 | 20,93 | 0,0001 | 78,03 | 0,935 | 0,933 | ([3]) 0,00235 |

Dans les recherches actuelles, ces diverses déterminations (sauf la recherche des traces d'anhydride carbonique par l'eau de baryte et la recherche et le dosage de l'oxygène au moyen du pyrogallate de potasse, qui se font sur la cuve à mercure)

---

éphémères, sont provoqués par le forage de trous de sonde d'environ 3$^{m}$ de profondeur. Après une dizaine d'essais infructueux, un forage a fourni un dégagement gazeux qui s'est maintenu sous pression le temps suffisant pour recueillir environ 1500$^{cm^3}$ de gaz tout à fait exempt d'air.

([1]) CH. MOUREU, *Recherches sur les gaz rares des sources thermales* (*Journ. de Chimie physique*, t. XI, p. 63. 1913). — CH. MOUREU et A. LEPAPE, *Les gaz rares des grisous* (*Annales des Mines*, mai 1914; *Annales de Chimie*, septembre-octobre 1915 et janvier-février, mai-juin 1916).

([2]) La composition de ce gaz a déjà été déterminée, en 1912, par E. Czako (*Beiträge zur Kenntins natürlischer Gasausstramüngen*, Karlsruhe, 1913), qui a trouvé : $CO^2$ : 47,75 pour 100; $O^2$ : 0,10 pour 100; $CH^4$ : 5,65 pour 100; $N^2(+Ar)$ : 46,17 pour 100; He : 0,38 pour 100. Nous ne nous expliquons pas les divergences très importantes que ces résultats présentent avec les nôtres.

([3]) Le mélange hélium-néon de l'air contient 3 parties de néon pour une d'hélium.

ont été effectuées dans un appareil unique, tout en verre soudé, qui nous a permis d'opérer, dans le cas des gaz très pauvres en azote brut, sur un volume de gaz naturel beaucoup moindre (environ $200^{cm^3}$) que dans nos études antérieures. Cet appareil comprend *une série de circuits indépendants*, où sont disposés les tubes à réactifs (potasse, anhydride phosphorique, oxyde de cuivre, calcium, charbon de noix de coco) destinés à absorber un ou plusieurs des constituants du gaz étudié.

Dans certains cas, où le volume des gaz rares résiduels ne s'est élevé qu'à quelques millimètres cubes, nous avons pu, cependant, fractionner et mesurer ces faibles quantités de matière, grâce à un dispositif très simple, imaginé par M. Lepape, et dont l'organe principal est une jauge de Mac Leod à robinet, dont le tube manométrique porte une trompe à mercure (¹).

3. Nous avons réuni dans le Tableau ci-contre les résultats de nos déterminations, en exprimant la composition centésimale, en volumes, des mélanges gazeux naturels, supposés secs, que nous avons étudiés.

Les renseignements que nous avons pu obtenir sur le débit gazeux de certaines de ces sources de gaz naturels (²) permettent de calculer, à l'aide des chiffres précédents, les volumes des gaz rares dégagés annuellement (³) par ces sources :

DÉBITS GAZEUX (en mètres cubes par an).

| Origine. | Gaz naturel. | Argon. | Hélium. |
|---|---|---|---|
| I. *Mines de pétrole de Péchelbronn :* | | | |
| 1. Sondage n° 2141 | $47815^{m^3}$ | $8^{m^3}$ | $1,4^{m^3}$ |
| 2. » 2183 | 120000 | 22,8 | 4,7 |
| 3. » 1266 (source thermale) | 3504 | 27 | 37,9 |
| II. *Mines de houille de Sarre-et-Moselle :* | | | |
| Ensemble des dégagements de grisou | 31536000 | 4800 | 725 |

4. Ces nouveaux résultats expérimentaux viennent confirmer en tous points les conclusions déduites de nos recherches antérieures sur les gaz

---

(¹) Pour l'exécution de ces laborieuses et délicates expériences, nous avons été très intelligemment aidés par M. M. Geslin, que nous remercions ici très cordialement.

(²) Les débits gazeux du sondage n° 2141 et de la source thermale de Péchelbronn ont été mesurés, à notre demande, par les soins de M. de Chambrier, directeur général des mines et usines de Péchelbronn. A propos du sondage n° 2183, cf. P. de Chambrier, *La source de pétrole jaillissante de Péchelbronn* (*Bull. de la Soc. d'Encour. pour l'Ind. nat.*, juillet-août 1920).

(³) Observons qu'il est pratiquement impossible d'évaluer exactement les débits annuels de ces dégagements gazeux éphémères et variables; les chiffres que nous indiquons représentent seulement l'ordre de grandeur (sauf pour la source thermale de Péchelbronn, dont le débit gazeux est sensiblement constant).

rares des gaz naturels (70 gaz de sources thermales, 5 grisous et 1 gaz volcanique) [1].

*a*. *Au point de vue qualitatif*, nous constatons, dans les gaz naturels d'Alsace-Lorraine, la *présence constante de l'azote et des cinq gaz rares* [2] et, sauf dans le gaz de la source de Soulzmatt, l'*absence constante de l'oxygène* [3].

*b*. *Au point de vue quantitatif*, si nous envisageons la composition de l'*azote brut* (azote + gaz rares), nous observons que les relations établies par nous antérieurement et qui concernent les rapports mutuels entre les proportions de l'azote et des gaz rares sont également vérifiées.

Voici, en effet, les divers rapports que nous avons pu calculer :

RAPPORTS MUTUELS DES PROPORTIONS, EN VOLUMES, DE L'AZOTE ET DES GAZ RARES POUR LES GAZ NATURELS D'ALSACE-LORRAINE.

| Origine du gaz naturel. | Profondeur. | $\frac{Ar}{N_2}\cdot 10^2$. | $\frac{\left(\frac{Ar}{N_2}\right)_{gaz}}{\left(\frac{Ar}{N_2}\right)_{air}}$. | $\frac{He}{N_2}\cdot 10^2$. | $\frac{\left(\frac{He}{N_2}\right)_{gaz}}{\left(\frac{He}{N_2}\right)_{air}}$. | $\frac{He}{Ar}$. | $\frac{\left(\frac{He}{Ar}\right)_{gaz}}{\left(\frac{He}{Ar}\right)_{air}}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. *Mines de pétrole de Péchelbronn.* | | | | | | | |
| 1. Puits n° I (soufflard).. | 162 m | 2,010 | 1,681 | 0,533 | 770 | 0,265 | 457 |
| 2. Sondage n° 457....... | 140 | 1,700 | 1,422 | 0,164 | 237 | 0,096 | 166,5 |
| 3. » 2141....... | 353 | 1,724 | 1,443 | 0,295 | 426 | 0,167 | 288 |
| 4. » 2183....... | 435 | 1,418 | 1,187 | 0,290 | 419 | 0,204 | 353 |
| 5. » 1266 (source thermale)........... | 940 | 1,194 | 1 | 1,670 | 2412 | 1,389 | 2394 |
| II. *Mines de potasse de Wittelsheim.* | | | | | | | |
| 6. Fosse Théodore........ | 550 | 1,093 | 0,914 | 0,326 | 472 | 0,299 | 515 |
| III. *Mines de houille de Sarre-et-Moselle.* | | | | | | | |
| 7. Puits n° V (soufflard).. | 475 | 1,492 | 1,248 | 0,228 | 322 | 0,149 | 257 |
| IV. *Sources minérales.* | | | | | | | |
| 8. Niederbronn.......... | » | 1,096 | 0,916 | 1,823 | 2634 | 1,664 | 2869 |
| 9. Soulzmatt (source Communale).............. | » | 2,965 | 2,480 | 0,0165 | 23,8 | 0,0055 | 9,5 |
| Air atmosphérique....... | » | 1,195 | 1 | $6{,}92.10^{-4}$ | 1 | $5{,}8.10^{-4}$ | 1 |

(1) Voir les publications générales citées ci-dessus.

(2) Avant nos recherches, l'hélium et le néon avaient déjà été mis en évidence dans un gaz de mine de potasse (Leopoldshall, He : 0,17 pour 100), par Erdmann (*Kali*, t. 4, 1910, p. 137) et dans deux gaz de pétrole de Péchelbronn, par E. Czako (*op. cit.*).

(3) Ainsi que nous le montrerons bientôt, tous les gaz thermaux très riches en anhydride carbonique contiennent *normalement* de l'oxygène. A cet égard, le gaz spontané de la source de Soulzmatt est donc soumis également à la règle généralement observée.

On voit que le rapport argon-azote ne varie (lorsqu'on prend pour unité sa valeur pour l'air) qu'entre 0,91 et 2,48, limites relativement étroites et d'ailleurs comprises entre les valeurs extrêmes (0,64—2,85) précédemment trouvées [1].

Toutes données nous font encore défaut sur les proportions de néon, de krypton et de xénon qui existent dans les gaz d'Alsace-Lorraine, mais nous pouvons affirmer que ces proportions sont négligeables vis-à-vis de celles de l'argon : elles sont donc très petites, et l'on ne saurait douter que les rapports krypton-argon, xénon-argon et xénon-krypton ne doivent se conformer, pour ces gaz, à la loi de constance que nous avons antérieurement établie.

Quant à l'hélium, nous constatons, ici comme partout ailleurs, la *grande variabilité* des rapports hélium-azote (23,8 à 2,634) et hélium-argon (9,5 à 2,869). Pour ce dernier rapport, les valeurs extrêmes observées jusqu'ici sont 7,49 (Grisy, source n° 2) et 31,095 (grisou de Mons).

Ces observations, qui tirent leur principale valeur de la variété d'origine et de composition des gaz étudiés, élargissent donc singulièrement la base expérimentale de la loi de constance que nous avons formulée relativement à la composition qualitative et quantitative de l'azote brut des gaz naturels. Pour rendre compte de cette loi, l'hypothèse que nous avons proposée, et qui reçoit dès lors un appui nouveau, peut être énoncée brièvement ainsi : les cinq éléments azote, néon [2], argon, krypton et xénon sont toujours rencontrés ensemble dans la nature et suivant des rapports dont la constance est due : 1° Au *fait* qu'ils sont toujours et partout restés *libres*, parce que : *a. chimiquement inertes* (au point de vue des réactions géochimiques, l'azote se comporte comme un gaz pratiquement inerte); *b. stables*, et *c. gazeux* entre de larges limites de température et de pression. 2° A l'*hypothèse*, très vraisemblable, de l'uniformité approximative de leur distribution dans la nébuleuse génératrice du système solaire.

De plus, l'exception à la loi de constance présentée par l'hélium découle nécessairement du fait que ce gaz est l'un des résidus stables de la désintégration des corps radioactifs et que ceux-ci, quoique partout présents, sont fort inégalement répartis dans l'écorce terrestre.

---

(1) On remarque, en outre, que la valeur la plus élevée (2,48), et qui surpasse notablement toutes les autres, est afférente au gaz très riche en anhydride carbonique de Soulzmatt. Or, nous établirons prochainement que les gaz de sources de cette catégorie présentent toujours une valeur très élevée pour le rapport argon-azote.

(2) Nous rappelons qu'aucune détermination quantitative précise de cet élément n'a encore été faite dans les gaz naturels, en dehors de l'air atmosphérique.

5. Les considérations précédentes permettent d'étendre aux gaz de pétrole et aux gaz des mines de potasse une conclusion déjà formulée à propos des grisous que nous avons examinés ([1]), à savoir : que l'azote de ces gaz riches en hydrocarbures ne saurait être d'origine *organique*. C'est, selon nous, une portion de cet *azote brut, azote minéral*, disséminé partout dans la lithosphère et dont l'origine ou bien remonte à la formation des couches géologiques où on le rencontre (air fossile, Th. Schlœsing) ou est due à des courants gazeux souterrains ([1]).

6. Les gaz d'Alsace-Lorraine que nous venons d'étudier proviennent, pour sept d'entre eux, de gisements dont l'altitude est exactement connue. Or, si l'on examine, à ce point de vue, les différents rapports que nous avons indiqués ci-dessus, on voit que, sauf deux exceptions, *le rapport hélium-argon croît régulièrement et très vite en fonction de la profondeur* ([2]).

Nous pensons que la valeur élevée du rapport hélium-argon doit généralement caractériser un gaz d'origine profonde. Sachant, par ailleurs, que l'hélium est le témoin persistant de la présence actuelle ou ancienne d'éléments radioactifs, nous pouvons prévoir qu'il existe, dans les profondeurs de la terre, de notables quantités soit d'éléments radioactifs en voie de désintégration, soit de leurs ultimes produits stables [plombs isotopes et peut-être autres éléments ([3])]. Des sondages profonds effectués aux points où émergent des gaz naturels riches en hélium [à Santenay (Côte-d'Or), par exemple, où les gaz spontanés des sources contiennent 10 pour 100 d'hélium ([4])], auraient toutes chances de se montrer fructueux en résultats intéressants.

7. Les proportions élevées d'hélium trouvées dans les gaz des sources thermo-minérales de Péchelbronn (1,09 pour 100) et de Niederbronn (1,68 pour 100) posent le problème de la possibilité de relations géolo-

---

([1]) Ch. Moureu et A. Lepape, *Les gaz rares des grisous* (Op. cit.).

([2]) Cette relation qui n'est peut-être pas fortuite, ne saurait cependant être généralisée; ainsi, pour les grisous de Liévin, Anzin, Lens et Mons, dont les gisements sont voisins et situés sensiblement à la même profondeur (500$^{m}$), le rapport précédent varie de 15 à 31,095 (Ch. Moureu et A. Lepape, *ibid*). Les deux exceptions ci-dessus ne sauraient surprendre, car elles concernent des gaz recueillis dans des galeries de mine (Péchelbronn, puits n° I; Sarre-et-Moselle, puits n° V), où le gisement est moins bien défini que dans le cas de sondages; l'un d'eux est d'ailleurs un grisou.

([3]) La présence de masses importantes de ces éléments lourds pourrait rendre compte de la densité élevée des couches internes du globe (barysphère).

([4]) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 197.

giques entre ces gaz et les autres gaz français riches en hélium, dont la concentration géographique est si curieuse [1].

M. **Charles Moureu** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un livre que je viens de publier (chez Masson) sous le titre : *La Chimie et la Guerre, Science et Avenir*.

Cet Ouvrage comprend quatre parties :

I. La Chimie française et les problèmes de la guerre.

II. La Chimie allemande et les problèmes de la guerre.

III. La Chimie et les leçons de la guerre.

IV. Éléments et conditions de la grandeur nationale. La Science et l'avenir.

Dans les deux premières parties, j'ai tâché de faire apparaître le rôle considérable de la Chimie dans l'activité guerrière.

Ayant ensuite établi comment, dans l'un et l'autre camp, le problème chimique avait été vital, j'en ai déduit les conclusions que nous imposent, pour l'avenir, les leçons de la guerre : nécessité d'assurer un bon recrutement des chimistes par un meilleur enseignement de la Chimie ; organisation de la recherche scientifique ; rajeunissement de notre Haut Enseignement et de nos Établissements de recherche ; nécessité des rapports de l'Industrie et de l'Agriculture avec l'Université, des techniciens avec les savants.

M'efforçant enfin de dégager, dans une vue d'ensemble, les facteurs généraux de la grandeur nationale, j'ai montré, en trois Chapitres : *L'énergie potentielle de la France — La puissance de la Science — L'évolution nécessaire de l'esprit public en France*, ce que nous pouvons faire si nous savons nous organiser et donner à la recherche scientifique et à la méthode scientifique le rôle capital qui leur revient.

Je souhaite que ce livre exerce en quelque mesure, dans notre pays, l'action en vue de laquelle il a été conçu et écrit.

## COMMISSIONS.

MM. **Picard** et **Appell**, pour la Division des Sciences mathématiques; **Bouvier** et **Moureu**, pour la Division des Sciences physiques; **Carpentier**

(1) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 197.

et **Tisserand**, Académiciens libres, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la succession de M. *Adolphe Carnot.*

## CORRESPONDANCE.

M. le **Président** transmet l'invitation adressée à l'Académie par S. A. S. le prince **Albert de Monaco**, d'assister, le 11 décembre prochain, à l'inauguration de l'*Institut de Paléontologie*.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui occupera, dans la seconde Section de la Commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques*, la place vacante par le décès de M. *Armand Gautier*.

M. **Desgrez** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Division des Académiciens libres, par le décès de M. *Adolphe Carnot*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Principes usuels de Nomographie avec application à divers problèmes concernant l'artillerie et l'aviation*, par M. d'Ocagne.

2° *Précis de Physique* (Introduction à une deuxième étude de la Mécanique et de la Physique), par Marcel Boll. (Présenté par M. A. Haller.)

3° *Cours de Chimie* (Lois générales, Métalloïdes) à l'usage des candidats aux grandes écoles, par Marcel Boll. Préface de Georges Darzens. (Présenté par M. A. Haller.)

MAGNÉTISME. — *Sur la variation thermique du coefficient d'aimantation de quelques chlorures et d'un oxyde anhydres à l'état solide, et la théorie du magnéton.* Note de M. **Ph. Théodoridès**, présentée par M. J. Violle.

L'investigation thermomagnétique des sulfates anhydres a fait l'objet d'une précédente Note [1]. La même méthode de mesure et la même disposi-

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 715.

tion des appareils ont été employées à l'étude des trois chlorures manganeux, cobalteux et nickeleux et du protoxyde de manganèse.

La correction du magnétisme de la suspension et du diamagnétisme de l'anion ont été faites. Les valeurs absolues sont rapportées au coefficient d'aimantation de l'eau à 20° C., égal à $-0,720.10^{-6}$, par l'intermédiaire du même étalon de pyrophosphate de manganèse.

Dans des intervalles thermiques de plusieurs centaines de degrés, la variation du coefficient d'aimantation des chlorures et de l'oxyde étudiés, en fonction de la température, est exactement réversible et suit la loi de Curie généralisée :

$$\chi(T - \Theta) = C,$$

$\chi$, coefficient d'aimantation spécifique;
T, température absolue;
$\Theta$, point de Curie;
C, constante de Curie.

Dans le cas de $Cl^2Mn$, la variation thermique de $\frac{1}{\chi}$ est représentée par une seule droite réversible de 0° à 575°. La droite analogue de $Cl^2Co$ présente un coude réversible à 325°. Au delà de cette température, le graphique est légèrement concave du côté de l'axe des températures, mais la réversibilité subsiste jusqu'à 500°. Le graphique de $Cl^2Ni$ présente deux parties rectilignes et réversibles, l'une de 0° à 130°, l'autre de 150° à 500°. Le graphique MnO se compose enfin de deux droites bien déterminées, formant un coude à 316°. L'ensemble du phénomène, de la température ordinaire jusqu'à 550°, est réversible.

| | Constante de Curie moléculaire $C_m$. | Point de Curie $\Theta$. | Constante du champ moléculaire $\lambda = \frac{\Theta}{C_m}$. | Nombre de magnétons $n$. |
|---|---|---|---|---|
| $Cl^2Co$ (0° à 325°)..... | 3,151 | + 47,2 | + 14,99 | 24,96 |
| $Cl^2Ni$ (0 à 130)..... | 1,301 | + 77,6 | + 59,7 | 16,03 |
| » (150 à 475)..... | 1,448 | + 37,8 | + 26,1 | 16,92 |
| $Cl^2Mn$ (0 à 575)..... | 4,097 | + 3,10 | + 0,756 | 28,45 |
| MnO (0 à 316)..... | 3,808 | −496 | −130,0 | 27,43 |
| » (316 à 550)..... | 3,534 | −417 | −118,0 | 26,43 |

Dans ce Tableau, le magnéton-gramme est, comme de coutume, pris égal à 1123,5 unités C. G. S.

*Pour les chlorures cobalteux et nickeleux, les résultats sont donc conformes à la théorie du magnéton. Par contre, les trois déterminations de n relatives*

*au manganèse donnent des nombres fractionnaires. On peut remarquer cependant que les différences des moments atomiques de*

| | $n$. | Différence. |
|---|---|---|
| MnO (316°-550°) | 26,43 | |
| » (0°-316°) | 27,43 | 1,00 |
| $MnCl^2$ (0°-575°) | 28,45 | 1.02 |

*sont très voisines de 1 magnéton.*

Il est remarquable que, pour tous les chlorures, la constante du champ moléculaire a le signe positif, contrairement à ce qui a été trouvé pour les sulfates. Il semble que le signe de cette constante dépend de la nature de l'anion du composé et nullement de son action. Un point de Curie réel aux très basses températures est donc à présumer pour les chlorures.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire des acides tartrique et malique en solution.* Note (¹) de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. Haller.

I. On sait depuis Biot (²) que les solutions aqueuses d'acide tartrique droit ont un pouvoir rotatoire qui varie beaucoup avec la concentration.

Le faisceau des courbes de dispersion (pouvoir rotatoire en fonction de la longueur d'onde), correspondant aux diverses concentrations possibles, a une allure caractéristique.

Le pouvoir rotatoire pour une couleur donnée est, d'après Arndsen (³), une fonction linéaire de la concentration. En solution étendue, toutes les rotations sont droites : la dispersion est normale. En solution concentrée, le pouvoir rotatoire diminue de plus de 50 pour 100 pour le jaune (raie D) et bien plus fortement encore pour le violet : la dispersion est anormale.

La température produit des modifications analogues : un accroissement de température équivaut à une dilution. Les courbes de dispersion ont sensiblement la même allure pour l'acide tartrique *fondu*, puis surfondu et ramené dans cet état à la température ordinaire (⁴). Les rotations sont alors très voisines de zéro : elles deviennent même *négatives* pour l'extrémité violette du spectre. Des rotations négatives dans le bleu et le violet avaient déjà été observées par Arndsen (³) pour des solutions alcooliques.

Enfin Pribram (⁵) a montré que l'addition de benzine (et de certains autres liquides

(¹) Séance du 4 octobre 1920.

(²) Biot, *Ann. Ch. Ph.*, 3e série, t. **10**, p. 385.

(³) Arndsen, *Ann. Ch. Ph.*, 3e série, t. **54**, p. 403.

(⁴) Bruhat, *Thèse, Paris*, 1914.

(⁵) Pribram, *Berichte*, t. **22**, p. 6.

organiques) à des solutions d'acide tartrique droit conduisait à des pouvoirs rotatoires gauches *pour la raie* D.

II. Il nous a paru intéressant de compléter les observations que nous venons de rappeler par l'étude de la dispersion rotatoire des solutions alcools-benzéniques d'acide tartrique *droit*.

Dans toutes nos mesures, les radiations ont été repérées au moyen des raies principales de l'arc au mercure.

Nous n'indiquons ici qu'une seule série d'expériences :

Concentration de la solution (pour 100 en volume) : $c = 3,65$.
Solvant : Alcool à 96° additionné de 55 pour 100 de benzine.

| | Pouvoirs rotatoires pour les raies. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $\lambda = 0^{\mu},578$. | $\lambda = 0^{\mu},546$. | $\lambda = 0^{\mu},492$. | $\lambda = 0^{\mu},436$. |
| $t = 21°$... | $[\alpha] = -6°,2$ | $\alpha = -8°,4$ | $\alpha = -14°,0$ | $\alpha = -27°,6$ |

On voit que les pouvoirs rotatoires sont nettement gauches *pour toutes les couleurs* et que la dispersion est *normale*.

On remarquera la grandeur de cette dispersion $\frac{[\alpha]_{436}}{[\alpha]_{578}} = 4,45$ : elle est d'ailleurs plus forte encore dans certaines solutions moins riches en benzine.

III. Nous avons eu l'occasion d'observer une nouvelle modification importante du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique en solution aqueuse.

La variation se produit en présence de certains *sels neutres d'acides forts*.

L'effet est particulièrement grand avec $CaCl^2$ (¹). Nous nous bornerons aujourd'hui à indiquer nos résultats relatifs à ce dernier sel.

| Température ($t$). | Concentrations en $CaCl^2$ (en vol. p. 100) ($c'$). | Concentrations en acide tartrique (en vol. p. 100) ($c$). | $[\alpha]_{578}$ des solutions d'acide tartrique pur de même concentration. | $[\alpha]_\lambda$ (raies du Hg) rapportés à l'*acide*. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $0^{\mu},578$. | $0^{\mu},546$. | $0^{\mu},492$. | $0^{\mu},436$. |
| ° | | | ° | ° | ° | ° | ° |
| 19... | 2,84 | 3,80 | +14,7 | +11,4 | +12,2 | +13,0 | + 10,8 |
| 17... | 6,8* | 8,40 | +14,0 | + 5,5 | + 5,3 | + 4,2 | + 0,3 |
| 17... | 13,5* | 16,7 | +12,6 | − 2,9 | − 4,2 | − 8,4 | − 17,4 |
| 17... | 14,2 | 19,1 | +11,9 | − 3,9 | − 5,3 | − 9,5 | − 19,4 |
| 17... | 16,9 | 23,0 | +11,0 | − 9,0 | −11,4 | −17,2 | − 30,0 |
| 17... | 27 * | 33,4 | + 9,7 | −18,4 | −22,1 | −30,8 | − 48,0 |
| 17... | 39,7 | 37,6 | + 9,2 | −38,1 | −43,2 | −58,3 | − 86,0 |
| 17... | 48,8 | 30,3 | +10,2 | −45,3 | −52,6 | −70,0 | −101,2 |

* Les chiffres ainsi marqués ne sont qu'approximatifs.

(¹) Ceci explique une ancienne observation de Pasteur : la solution obtenue en décomposant le tartrate de Ca *droit* par HCl lui avait donné une faible rotation *gauche* pour la raie D.

On remarquera : 1° que la dispersion d'abord anormale devient normale par addition d'une quantité convenable de sel; 2° que la valeur absolue de cette dispersion mesurée par le rapport $\frac{[\alpha]_{436}}{[\alpha]_{578}}$ prend pour certaines solutions des valeurs très fortes, mais décroît constamment à mesure que les $[\alpha]$ deviennent plus gauches et tend vers un ordre de grandeur tout à fait normal (dispersion d'un corps actif *pur*).

On sait que l'acide malique (gauche) présente des variations analogues à celles de l'acide tartrique, mais de sens inverse.

Nous avons vérifié :

1° Que l'addition de benzine à une solution alcoolique d'acide malique conduisait à des pouvoirs rotatoires *droits pour toutes les couleurs*, avec dispersion normale;

2° Que l'addition de $CaCl^2$ à une solution aqueuse du même acide conduisait à des pouvoirs rotatoires droits beaucoup plus grands, la dispersion restant toujours normale.

| Température ($t$). | Concentration en acide malique (vol. p. 100). | $[\alpha]_\lambda$ rapportés à l'acide malique. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0$^\mu$,578. | 0$^\mu$,546. | 0$^\mu$,492. | 0$^\mu$,436. |
| 17°........ | 10,1 | + 8°,9 | + 10°,2 | + 13°,4 | + 20°,0 |
| 17°........ | 40,3 | + 33°,7 | + 38°,2 | + 49°,2 | + 66°,8 |

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dispersion de la réfraction des carbures d'hydrogène.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. Haller.

Dans l'étude de certains mélanges de carbures d'hydrogène (essences de pétrole de diverses provenances), il peut être avantageux de connaître la proportion globale des carbures d'une certaine catégorie (saturés, cycliques, benzéniques, etc.). Dans ce but, on peut rechercher des constantes caractéristiques de chacune de ces classes de corps. C'est ainsi que la température critique de dissolution dans l'aniline (T. C. D.) a servi à MM. Chavanne et Simon pour l'analyse sommaire des essences [1]. J'ai été amené à étudier dans un but analogue la dispersion de réfraction.

La différence $\Delta n = n' - n$ des indices d'un carbure donné, pour deux couleurs C et C', est très variable d'une série à l'autre. D'autre part, dans une même série, $\Delta n$ varie d'une façon régulière, augmentant quand le poids moléculaire augmente, dans le même sens que la densité du carbure. J'ai

(1) Chavanne et Simon, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1111, et t. 169, p. 70.

été amené ainsi à examiner le quotient $\frac{\Delta n}{d}$, où $d$ désigne la densité du carbure, prise à la même température que l'indice. Sans être rigoureusement constante pour tous les carbures d'une classe donnée, cette quantité, que nous pourrons appeler *dispersion spécifique*, présente des régularités qui permettent d'envisager son emploi dans certaines applications.

Les indices ont été pris dans la littérature existante, déjà volumineuse. Malheureusement, un grand nombre de mesures sont à rejeter. Si l'on cherche en effet à construire la courbe de dispersion de la substance, on constate que, dans beaucoup de cas, cette construction est impossible; les points ne se placent pas sur une même courbe. L'irrégularité des points obtenus est particulièrement saisissante quand on porte en abscisse $\frac{1}{\lambda^2}$ et en ordonnée $n$. On sait que, dans le spectre visible, on a, très approximativement, $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$; les points doivent alors se grouper sur une droite [1]. Je n'ai retenu que les mesures qui donnent une courbe de dispersion régulière. De ce nombre sont les mesures de Brühl, Eykman, Perkin senior, Eisenlohr, Auwers, etc. [2]. Ces mesures ont été faites à des températures légèrement différentes; elles sont cependant directement comparables. On sait en effet que, quand la température varie, on a très approximativement $\frac{n-1}{d} = \text{const.}$, donc $\frac{\Delta n}{d} = \text{const.}$ Les deux couleurs choisies sont les raies $H_\alpha$ et $H_\gamma$; quelques interpolations graphiques ont été faites quand les observateurs avaient utilisé d'autres raies. J'avais surtout en vue les carbures figurant dans les essences (point d'ébullition inférieur à 150°). J'indique accessoirement quelques résultats concernant des carbures à point d'ébullition plus élevé. Il m'est impossible de transcrire ici toutes les données relatives à une série, j'indique seulement un carbure pris à titre d'exemple. Les indices ont été arrondis à quatre décimales, $\Delta n$ évalué en unités de la quatrième décimale, $\frac{\Delta n}{d}$ évalué à une unité près.

*Carbures saturés aliphatiques.* — Exemple : Hexane normal $C^6H^{14}$ (Eis. 16°,2).

| $d_4^t$. | $n_\alpha$. | $n_\gamma$. | $\Delta n$. | $\frac{\Delta n}{d}$. |
|---|---|---|---|---|
| 0,6634 | 1,3750 | 1,3853 | 103 | 155 |

(1) On constate ainsi par exemple que plusieurs déterminations de Landolt et Jahn, utilisées pour le calcul des réfractions atomiques, sont inacceptables (voir en particulier les carbures gras non saturés).

(2) Les mesures antérieures à 1898 sont rassemblées dans le Recueil de Dufet. Pour les mesures postérieures, on trouvera une grande partie de la Bibliographie dans deux Mémoires d'Eisenlohr, *Sur un nouveau calcul des réfractions atomiques* (*Z. ph. Chemie*, 1911 et 1913), et dans les *Tables annuelles de constantes* (1910-1914).

Pour six carbures (Eis.) allant de $C^5H^{12}$ à $C^{10}H^{22}$, $\Delta n$ varie de 99 à 114; $\frac{\Delta n}{d}$ conserve au contraire la valeur 156 à 2 unités près (sans aucune allure systématique).

Les mesures manquent pour les carbures supérieurs; on possède des mesures d'Eykman relatives aux raies $H_\alpha$ et $H_\beta$ pour des carbures allant jusqu'à $C^{32}H^{66}$; on a $\frac{n_\beta - n_\alpha}{d} = 98$, *à une unité près*, de $C^5$ à $C^{32}$.

*Carbures saturés cycliques.* — Exemple : Cyclohexane $C^6H^{12}$ (Eis. 16°, 1). Les mêmes constantes sont :

0,7808 1,4259 1,4377 118 151

Pour neuf carbures allant de $C^5H^{10}$ à $C^{10}H^{20}$, le nombre moyen est 154 avec *variations de* 3 *unités*.

Pratiquement, pour ces deux classes de carbures saturés, la dispersion spécifique est la même : 155 à 2-3 unités près.

*Carbures non saturés cycliques* (une double liaison). — Exemple : Méthylcyclohexène $C^7H^{12}$ (Auw. 18°, 5) :

0,8115 1,4474 1,4629 155 191

Trois carbures, $C^7$, $C^8$ et $C^9$, donnent 190 (2 unités près).

*Carbures non saturés aliphatiques* (une double liaison). — Exemple : Amylène $C^5H^{10}$ (B. 20°).

0,6476 1,3733 1,3859 126 194

Quatre carbures, de $C^5$ à $C^8$, donnent des nombres oscillant autour de 190. La dispersion spécifique serait la même dans les deux séries précédentes.

*Carbures non saturés aliphatiques* (deux doubles liaisons). — Exemple : Méthylhexadiène $C^7H^{12}$ (Auw. 17°, 3).

0,7277 1,4207 1,4374 167 230

Cinq carbures, $C^5$, $C^6$, $C^7$, donnent des nombres analogues : 225 à 4-5 unités près.

*Carbures benzéniques.* — Exemple : Benzène $C^6H^6$ (Hubbard 25°) :

0,8738 1,4933 1,5201 268 307

Le toluène ($C^7H^8$) et les trois xylènes ($C^8H^{10}$) donnent des nombres voisins avec une décroissance semblant systématique. Valeur moyenne 300.

Si l'on tient compte du fait que les divergences entre les différentes mesures effectuées sur un même corps sont parfois assez grandes [1], on voit que la dispersion spécifique se révèle comme approximativement constante dans une série donnée, au moins pour les carbures que l'on peut rencontrer dans les essences de pétrole. La détermination de cette constante exigera la connaissance de deux indices et d'une densité, pris à la même température, d'ailleurs quelconque.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactions microchimiques de l'acide iodique.* Note [2] de M. A. BOLLAND.

Les réactions microchimiques de l'acide iodique n'étaient pas connues jusqu'à présent. Les résultats d'études, se rapportant à ce sujet, sont décrits ci-dessous; je les ai obtenus avec des solutions aqueuses d'acide iodique solide.

1. *La réaction avec* $Tl(NO^3)$. — Dans la première phase de la réaction se forment des aiguilles qui, observées macroscopiquement, sont blanches et, observées microscopiquement, paraissent noires. Dans la seconde phase de la réaction elles sont réunies en croix, simples, doubles ou multiples (cristaux filiformes). L'aspect microscopique est en général celui des microcristaux de l'iodure de pallad-ammonium [3]. On y rencontre souvent des cristaux groupés en croix (et ils sont caractéristiques), à branches rigides. La grandeur moyenne de ceux qui sont enchevêtrés est $40^{\mu}$. La concentration suffisante (dilution admissible) pour obtenir des précipitations utiles est de 1:5000 (acide iodique : eau) [4].

2. *La réaction avec* $AgNO^3$. — Le produit de la réaction est amorphe. Il se dissout dans l'ammoniaque; après l'évaporation de l'ammoniaque on obtient des tablettes rhombiques, réunies par quatre ou six (le tableau

(1) Pour le benzène, la dispersion spécifique varie de 298 à 388 (Dufet, benzène cristallisable).

(2) Séance du 2 novembre 1920.

(3) Les difficultés qu'on éprouve actuellement à Cracovie m'ont forcé de décrire exactement les résultats des réactions, au lieu d'en donner la photographie, et de me reporter aux figures des produits des réactions microchimiques qui sont déjà connus et reproduits dans les manuels de microchimie.

(4) Les limites de sensibilité ci-après indiquées sont obtenues : *a*, en employant les réactifs solides; *b*, à la température ordinaire; *c*, en accélérant la réaction par le frottement avec un fil de verre.

microscopique est semblable au tableau des microcristaux d'oxalate de manganèse). Plusieurs minces tablettes se groupent aussi en étoiles. Ces tablettes simples sont incolores; leurs groupements sont sombres et atteignent en grandeur jusqu'à 100$^{\mu}$. Dilution admissible 1:5000.

3. *La réaction avec* $BaCl^2$. — $BaCl^2$ précipite des aiguilles droites ou courbées, unies en général en faisceaux, qui se groupent par deux ou par quatre. En outre on rencontre dans ce tableau toutes les formes cristallines (spécialement des squelettes), que donne le phosphate ammoniaco-magnésien. La grandeur va jusqu'à 300$^{\mu}$. Dilution admissible 1:2500.

4. *La réaction avec* $Sr(CH^3COO)^2$. — Avec $Sr(CH^3COO)^2$ on obtient des aiguilles et des prismes minces, groupés en boules ou réunis parallèlement en faisceaux; ceux-ci sont groupés par deux ou par quatre, souvent en forme de croix; leur grandeur atteint 100$^{\mu}$. Sur le bord de la goutte d'essai cristallisent des lamelles incolores, des hexagones, des deltoïdes. Des solutions très concentrées se déposent de gros cristaux enchevêtrés; ils présentent la forme d'un X ou d'une corne ramifiée (grandeur jusqu'à 150$^{\mu}$); au microscope, les cristaux minces sont incolores; les conglomérats paraissent sombres. Dilution admissible 1:300.

5. *La réaction avec* $Ca(CH^3COO)^2$. — On obtient des octaèdres incolores, dont l'extinction entre les nicols croisés démontre qu'ils appartiennent au système monoclinique. Ils sont isolés ou groupés en étoiles. On rencontre souvent des lamelles, rarement des combinaisons de prismes avec des octaèdres. Dans les solutions étendues cristallisent des squelettes de cristaux. Les solutions concentrées fournissent un précipité amorphe d'abord, qui devient vite cristallin. Grandeur moyenne 150$^{\mu}$. Dilution admissible : 1:300.

6. *La réaction avec* RbCl. — Les solutions d'acide iodique donnent avec RbCl des tablettes rectangulaires. Ces tablettes portent très souvent une ou deux troncatures; elles ont en conséquence l'aspect de pentagones (il y en a de deux sortes, une à deux angles droits, l'autre à trois angles droits), ou des hexagones (à deux angles droits). Ces tablettes sont incolores, elles se distinguent par une forte réfringence; entre les nicols croisés elles restent sombres. La grandeur moyenne est 25$^{\mu}$, la dilution admissible est de 1:300.

Dans les solutions concentrées les réactions suivantes peuvent servir : avec $CsSO^4$, l'acide iodique donne différentes formes cristallines, incolores, réfractant fortement la lumière, à savoir des lamelles rectangulaires, deltoïdales, hexagones, octogones; les plus caractéristiques sont les lamelles

hexagones ou octogones, très réfringentes, semblables aux lamelles du $Rb^4CdCl^6$. Souvent apparaissent aussi des formes en rosettes. La grandeur moyenne est 50µ-80µ. Dilution admissible 1:80.

Avec le chlorure potassique on obtient des prismes et des tablettes hexagones, incolores, souvent réunis entre eux; ils se comportent entre les nicols croisés comme des cristaux anisotropes. Les prismes ont en moyenne une longueur de 80µ et 50µ de largeur. Dilution admissible 1 : 60.

Avec l'acétate sodique on obtient des octaèdres, des prismes et des combinaisons de ces deux formes, qui restent sombres entre les nicols croisés. Les prismes sont souvent réunis en cristaux filiformes. Leur grandeur moyenne est 25µ, la dilution admissible 1 : 60.

L'ammoniaque concentrée précipite des tablettes incolores rectangulaires, souvent réunies en cristaux filiformes biréfringents. Leur grandeur moyenne est 40µ. Dilution admissible 1 : 35.

Avec le chlorure de manganèse on obtient des agrégats ronds, se composant d'une grande quantité d'aiguilles, qui polarisent entre les nicols croisés. Vus au microscope ces agrégats sont d'une couleur vert gris (macroscopiquement blancs); ils sont isolés ou unis par deux. Leur grandeur moyenne est 25µ. Dilution admissible 1 : 20.

La réaction avec le chlorure de cadmium et avec le sulfate de zinc n'est pas microchimiquement applicable, parce que les précipités sont amorphes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la décomposition catalytique de la solution alcaline d'hypobromite de soude par le sulfate de cuivre. Action antagoniste de l'iode*. Note de M. P. FLEURY (1), présentée par M. Charles Moureu.

On connaît depuis fort longtemps l'action exercée par certains sels métalliques (Ni, Co, Cu), même à l'état de traces, sur les hypochlorites et les hypobromites, action qui se manifeste par un dégagement d'oxygène.

L'emploi si fréquent à l'heure actuelle de la solution alcaline d'hypobromite de soude pour le dosage de l'urée et la constatation faite par nous de la présence du cuivre dans certains échantillons de lessive de soude nous ont amené à examiner la sensibilité des solutions d'hypobromite à l'action destructive du cuivre. Cette sensibilité fut trouvée considérable.

(1) Un Mémoire détaillé paraîtra, sous le même titre, dans un autre recueil.

De plus, nous fûmes assez heureux pour découvrir un remède à ce mal qui risquait de compromettre la validité des dosages de petites quantités d'urée par l'hypobromite, vu la difficulté d'avoir la certitude d'éviter toute trace de cuivre. En effet, l'addition d'une petite quantité d'iode nous a permis d'obtenir très simplement des solutions qui, même en présence de cuivre, présentent, au point de vue du dégagement d'oxygène, une stabilité au moins aussi grande qu'une solution témoin non additionnée de cuivre.

*Technique.* — Pour pouvoir préparer extemporanément et rapidement des solutions d'hypobromite de composition constante, nous employons d'une part une solution de soude diluée et de l'autre une solution de brome dans le bromure de potassium que nous mélangeons à volumes égaux au moment de l'emploi.

Voici les formules de ces deux solutions :

*Solution* A.

| | |
|---|---|
| Lessive de soude | $55^{cm^3}$ |
| Eau (q. s. p. f.) | $100^{cm^3}$ |

*Solution* B.

| | |
|---|---|
| Brome | $8^{cm^3},5$ |
| Bromure de potassium | $50^{g}$ |
| Eau | 80 à $82^{cm^3}$ |

Pour nous rendre compte des transformations qui se produisaient dans nos solutions d'hypobromite, nous dosions successivement :

*a.* La somme : hypobromite $BrONa$ + bromate $BrO^3Na$;

*b.* L'hypobromite seul;

*c.* Le bromate seul.

Le dosage du *brome actif* (somme hypobromite + bromate) est, pour le but que nous poursuivions, le plus intéressant, car toute diminution du titre en *brome actif* ne peut s'expliquer, dans les conditions où nous opérions, que par une perte d'oxygène à l'état gazeux, par suite d'une transformation de l'hypobromite en bromure selon la réaction

$$2\,NaOBr = 2\,NaBr + O^2.$$

La diminution du *brome actif* en fonction du temps nous permet donc d'évaluer le dégagement d'oxygène. Les deux autres dosages servent comme contrôle du premier et de plus nous ont permis de nous rendre compte que le dégagement d'oxygène était dû à l'hypobromite et non au bromate.

Le calcul montre, en utilisant la réaction mentionnée plus haut, que

toute perte du *brome actif* correspondant à $1^{cm^3}$ de solution $\frac{N}{10}$ d'iode doit se traduire par un dégagement de $0^{cm^3},56$ (en chiffres ronds) d'oxygène gazeux.

*Influence de quantités variables de cuivre.* — Dans le but d'obtenir une évolution plus rapide de la réaction, nous avons fait nos expériences à la température de 36°-37°.

Nous opérions sur $20^{cm^3}$ d'hypobromite additionné de doses variables de sulfate de cuivre.

Nos résultats sont consignés dans le Tableau ci-dessous. Les chiffres représentent l'oxygène dégagé en centimètres cubes d'oxygène gazeux pour $10^{cm^3}$ de la solution.

Au début de l'expérience, $10^{cm^3}$ de la solution correspondaient à environ $160^{cm^3}$ de solution $\frac{N}{10}$ d'acide arsénieux et étaient, par conséquent, capables de dégager au maximum $89^{cm^3},6$ de gaz oxygène.

| Cuivre (exprimé en Cu métal) pour $1000^{cm^3}$ de sol. d'hypobromite. | Oxygène dégagé (exprimé en centimètres cubes de gaz) par $10^{cm^3}$ de solution d'hypobromite au bout de 1 jour. | 2 jours. | 4 jours. |
|---|---|---|---|
| mg | cm³ | cm³ | cm³ |
| 0,00 | 0,14 | 0,70 | 1,10 |
| 0,25 $\frac{1}{4000000}$ | 1,26 | 1,97 | 3,36 |
| 1,25 $\frac{1}{800000}$ | 3,08 | 5,96 | 8,68 |
| 2,50 $\frac{1}{400000}$ | 8,40 | 13,72 | 21,38 |
| 10,00 $\frac{1}{100000}$ | 38,37 | 54,32 | 61,60 |

Ces chiffres montrent la sensibilité vraiment considérable de l'hypobromite à l'action catalytique du cuivre. C'est ainsi qu'à la dose de $\frac{1}{100000}$, au bout de 24 heures à 36°-37°, l'hypobromite est décomposé dans une proportion d'environ 42 pour 100 et il est évident que ce chiffre serait encore plus considérable si, d'une façon concomitante, l'hypobromite ne se transformait pas en bromate en échappant par le fait même à l'action destructive du cuivre. Et il est encore possible de mettre cette action en évidence dans une solution qui ne contient que $1^g$ de cuivre pour $4^{m^3}$ de liquide.

*Influence de l'iode.* — Nous avons constaté que la réaction destructive exercée sur l'hypobromite par le cuivre pouvait être totalement arrêtée par addition d'une quantité convenable d'iode, comme le montrent les expériences ci-après, où l'iode a été ajouté soit sous forme d'iodure, soit sous forme d'iodate.

| | Oxygène dégagé (exprimé en centimètres cubes de gaz) par $10^{cm^3}$ de solution d'hypobromite au bout de | | |
|---|---|---|---|
| | 1 jour. | 2 jours. | 4 jours. |
| | cm³ | cm³ | cm³ |
| Témoin | 0,56 | 1,40 | 1,68 |
| Avec KI $\frac{1}{1000}$ | 0,28 | 0,56 | 0,56 |
| Avec cuivre $10^{mg}$ par litre | 38,37 | 54,32 | 61,60 |
| Avec cuivre + KI | 0,0 | 0,56 | 0,84 |
| Avec cuivre + iodate de K $\frac{1}{1000}$ | 0,0 | 0,84 | 0,84 |

L'iode (ajouté sous forme d'iodure ou sous forme d'iodate) paraît donc entraver d'une façon radicale le dégagement d'oxygène à tel point que ce dégagement devient inférieur à celui de l'expérience témoin.

Nous avons constaté, en même temps, que cette addition n'avait aucune influence sur la transformation de l'hypobromite en bromate, qui a lieu exactement avec la même vitesse.

Comme conclusion d'ordre pratique, il nous paraît donc recommandable, dans le cas où l'on utilise la solution d'hypobromite pour le dosage de petites quantités d'urée, d'employer un réactif constitué par deux solutions conformes à la formule donnée au début de cette Note, en ajoutant à la solution A environ $\frac{1}{1000}$ d'iodure de potassium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'isomérie éthylénique des styrolènes monobromés dans la chaîne latérale.* Note de M. **Charles Dufraisse**, présentée par M. Ch. Moureu.

I. On ne connaissait jusqu'à ce jour que deux styrolènes monobromés dans la chaîne latérale, et encore l'un des deux seulement paraissait avoir été obtenu à l'état pur. J'ai réussi à en isoler un troisième parfaitement distinct des deux précédents, dont j'ai dû, à cette occasion, approfondir l'étude.

*a.* Le premier de ces composés, que nous désignerons par la lettre A, a été obtenu par la décomposition de l'acide dibromohydrocinnamique (dibromure de l'acide cinnamique). La meilleure technique pour son obtention est celle qu'a décrite Nef (¹) : action de la chaleur sur la solution aqueuse du sel sodique en présence du carbonate de sodium :

$$C^9H^8Br^2O^2 = C^8H^7Br + HBr + CO^2.$$

(¹) Nef, *Lieb. An.*, t. 308, 1899, p. 267.

Après purification, par rectification puis par cristallisation, le produit se présente sous la forme d'une huile toujours légèrement colorée en jaune, possédant une odeur aromatique agréable, fondant à $+6^\circ$-$+7^\circ$ (chiffre déjà donné par les auteurs), bouillant à $107^\circ$ sous $22^{mm}$-$23^{mm}$; sa densité à $20^\circ$ est de 1,422, et son indice de réfraction $N_D^{20^\circ,5} = 1,6094$ (réfraction moléculaire trouvée 44,5, calculée 43,11).

*b*. Le second de ces corps, le composé B, ne paraît pas avoir été préparé par les divers auteurs dans un état de pureté satisfaisant. J'estime l'avoir obtenu plus pur que mes prédécesseurs sans pouvoir affirmer, toutefois, que je l'ai obtenu exempt de petites quantités de corps étrangers : l'extrême facilité avec laquelle s'oxyde à l'air cette substance ne m'a pas permis, en effet, de réaliser une purification par cristallisation à basse température et m'a ainsi privé du moyen de contrôler la parfaite pureté du produit ainsi obtenu. La technique adoptée est une variante du procédé donné par Nef [1] : ce procédé présente, en effet, d'importantes défectuosités, que l'on évite en opérant comme il suit : on fixe de l'acide bromhydrique HBr sur le phénylacétylène $C^8H^6$.

On fait arriver lentement un courant de gaz acide bromhydrique sec dans une solution acétique de phénylacétylène refroidie dans l'eau glacée et agitée énergiquement. On arrête le courant gazeux quand la proportion de HBr atteint 80 pour 100 de la théorie. On précipite le styrolène bromé de sa solution acétique par la glace, on le lave et on le rectifie dans le vide après dessiccation. Cette technique permet d'éviter la formation, en quantités notables, d'acétophénone et de dérivés polybromés.

Ce styrolène bromé est une huile jaunâtre, d'odeur aromatique, lacrymogène, fondant à $-43^\circ$, bouillant à $71^\circ$ sous $7^{mm}$-$8^{mm}$; sa densité à $20^\circ$ est de 1,406 et son indice de réfraction $N_D^{19^\circ,5} = 1,5881$ (réfraction moléculaire trouvée 43,8; calculée 43,11).

*c*. Le troisième styrolène bromé, composé C, inconnu avant les présentes recherches, s'obtient par l'action, à chaud, de la soude caustique pulvérisée sur la bromobenzalacétophénone, composé obtenu lui-même par soustraction de HBr au dibromure de benzalacétophénone [2]. La molécule de bromobenzalacétophénone se scinde en styrolène bromé et en acide benzoïque :

$$C^{15}H^{11}OBr + NaOH = C^8H^7Br + C^7H^5O^2Na.$$

(1) Nef, *loc. cit.*, p. 271.
(2) Vislicenus, *Lieb. Ann.*, t. 308, 1899, p. 226.

Dans cette réaction il se fait, en outre, une notable quantité de phénylacétylène, que l'on sépare par rectification sous pression réduite. Le styrolène bromé est ainsi obtenu directement à l'état de pureté, ce que l'on vérifie en le soumettant à une purification par cristallisation dans l'alcool méthylique : le point de fusion du produit ne change pas.

Cette substance est une huile incolore, d'odeur empyreumatique, fondant de $-8°$ à $-7°$, bouillant à $71°$ sous $6^{mm}$-$7^{mm}$; sa densité à $20°$ est $1,426$, et son indice de réfraction $N_D^{22°,5} = 1,5990$ (réfraction moléculaire trouvée $43,9$; calculée $43,11$).

II. Le problème de la constitution de ces trois styrolènes bromés peut être résolu par la stéréochimie. Le raisonnement comporte trois points :

1° Tout d'abord, les trois corps sont distincts chimiquement les uns des autres : en effet, le mélange à parties égales de deux quelconques d'entre eux fond à une température plus basse que la température de fusion du plus fusible des deux.

2° Tous les trois portent leur atome de brome dans la chaîne latérale; en effet, sous l'action de la potasse alcoolique, ils perdent tous les trois une molécule d'acide bromhydrique en donnant du phénylacétylène.

3° Ces trois styrolènes monobromés dans la chaîne latérale sont les seuls que laissent prévoir les théories stéréochimiques : deux d'entre eux correspondent à la formule

$$\text{(I)} \qquad C^6H^5 - CH = CHBr$$

(styrolènes ω bromés) et sont isomères stéréochimiques, l'autre correspond à la formule

$$\text{(II)} \qquad C^6H^5 - CBr = CH^2$$

(styrolène α bromé) qui ne comporte pas d'isomérie stéréochimique. Il suffit donc de rechercher parmi les trois composés quels sont les deux qui sont isomères stéréochimiques, ils correspondront nécessairement à la formule (I) et le troisième devra se voir attribuer la formule (II). La fixation de deux atomes de brome fournit le renseignement cherché : les deux isomères correspondant à la formule (I) donnent, en effet, le même dérivé tribromé $C^6H^5 - CHBr - CHBr^2$, tandis que le composé de formule (II) donne un dérivé tribromé différent du précédent $C^6H^5 - CBr^2 - CH^2Br$. En faisant réagir deux atomes de brome sur chacun des composés A, B et C, on constate que A et C fournissent le même dérivé tribromé (fus. $= 37°$-$38°$), corps précédemment signalé par divers auteurs, tandis

que B fournit un dérivé tribromé sous la forme d'une huile incolore, non distillable sans décomposition, et qui, après plusieurs cristallisations dans l'alcool méthylique, fond à $+5^\circ$-$+6^\circ$ (densité à $20^\circ = 2,092$, indice de réfraction $N_D^{22^\circ} = 1,6421$). Ce dérivé tribromé, dont la purification est particulièrement laborieuse, n'avait pas été encore décrit.

Les corps A et C sont donc stéréoisomériques et correspondent à la formule $C^6H^5 - CH = CHBr$; le composé B a pour formule

$$C^6H^5 - CBr = CH^2.$$

Cette méthode de détermination de la constitution, basée sur la stéréochimie, offre une sécurité plus grande que tout autre, basée sur des substitutions de groupements, car elle est à l'abri des erreurs que peuvent parfois occasionner certaines migrations survenant au cours des réactions.

Il y a lieu d'ajouter que les résultats établis ci-dessus sont d'accord avec les constitutions admises, en dernier lieu, par les auteurs, en ce qui concerne les composés A et B.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence des genres* Gangamopteris *M'Coy et* Schizoneura *Schimper et Mougeot, dans les grès de l'Ankazomanga* (sud de Madagascar). Note de M. **P.-H. Fritel**, présentée par M. Costantin.

M. Perrier de la Bathie a fait parvenir, ces temps derniers, au Muséum, un certain nombre d'échantillons de grès provenant de la rive droite de l'Ankazomanga, au sud de l'Onilahy (sud-ouest de Madagascar). Ces grès contiennent de nombreuses empreintes végétales se rapportant, pour la plupart, au genre *Gangamopteris* et plus particulièrement à deux espèces : *G. major* Feism., et *G. cyclopteroides* Feism., considérées comme caractéristiques de la partie inférieure du Permien. Elles sont accompagnées, en outre, par des restes qui dénotent l'existence incontestable du genre *Schizoneura*.

Le *Gangamopteris major* est représenté dans les grès de l'Ankazomanga par des frondes absolument conformes à celles figurées par Feismantel (1).

D'autres empreintes, et ce sont les plus nombreuses, peuvent être compa-

(1) Ott. Feismantel, *The fossil Flora of the Gondwana system*, vol. 3 (*Lower Gondwana*) [*Mem. of Geol. Survey of India-Paleontologia Indica* (Calcutta, 1881), pl. XVI, fig. 1-2].

rées aux frondes du *Gangamopteris cyclopteroides*, ainsi qu'à quelques-unes des nombreuses variétés de cette espèce. C'est ainsi qu'en dehors de la forme typique (¹), j'ai pu reconnaître la présence des variétés : *subauriculata* Feism., *acuminata* Feism., *attenuata* Feism. et *cordifolia* Feism.; la première étant très commune, alors que les trois autres paraissent moins répandues.

La présence des *Gangamopteris major* et *cyclopteroides* dans les grès de l'Ankazomanga est intéressante à signaler; elle semble devoir faire attribuer ces grès au Permien inférieur. En effet, ces deux espèces, d'après Feismantel, seraient cantonnées dans les couches charbonneuses de Karharbari, du groupe de Talchir, à la base même du système de Gondwana. L'une d'elles, le *G. cyclopteroides*, se retrouve en outre :

1° En Afrique australe, dans les grès intercalés dans des schistes de Kimberley; 2° au Brésil, dans les gisements houillers de la province de Rio Grande do Sul; 3° en République Argentine, dans la province de San Luis, à Bajo de Velis; 4° en Australie, dans les New-Castle beds et Bacchus Marsh sandstone de Victoria, formations productrices de houille, et qui, toutes, sont le plus souvent classées dans l'étage Artinskien, à la limite des termes moyen et supérieur du système anthracolitique.

Le genre *Gangamopteris* est entièrement nouveau pour la flore fossile de Madagascar. Le genre *Schizoneura* ne s'y était rencontré, jusqu'ici, qu'à un niveau beaucoup plus élevé de la série stratigraphique et plus au Nord; dans le Sud, le genre *Glossopteris*, seul, avait été signalé (²).

En résumé, l'examen des matériaux recueillis, sur l'Ankazomanga, par M. Perrier de la Bathie, conduit aux constatations suivantes :

1° Existence, dans le Permien de Madagascar, d'un niveau inférieur à celui dont M. Boule a jadis reconnu la présence dans la vallée de la Sakamena, au sud de l'Onilahy.

2° Présence, dans le sud-ouest de l'île, des genres *Gangamopteris* et *Schizoneura* qui n'y avaient pas encore été signalés. Le premier de ces deux genres étant représenté par deux espèces : *G. major* et *G. cyclopteroides*, caractéristiques d'un niveau, habituellement riche en houille, qui établit la

---

(¹) Ott. Feismantel, *loc. cit.*, vol. 3, pl. VII, fig. 1-2, et vol. 4, pl. VI A, fig. 1-2.

(²) Représenté par une espèce : *G. indica* Schimper, qui atteint son maximum de développement dans le Permien moyen. — Voir Marcellin Boule, *Sur l'existence d'une faune et d'une flore permiennes à Madagascar* (*Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 502).

transition entre le Carbonifère proprement dit et le Permien, correspondant ainsi au terme moyen du Système anthracolitique.

3° La présence de ces deux espèces et du genre *Schizoneura* dans les grès de l'Ankazomanga constitue un nouveau trait d'union géographique entre la flore de l'hémisphère oriental et celle de l'hémisphère occidental à l'époque artinskienne.

PHARMACODYNAMIE. — *Observations sur les propriétés des substances lacrymogènes et sur la mesure de leur activité.* Note de M. **Gabriel Bertrand**, présentée par M. Roux.

Dans une Note publiée tout récemment au nom de J. Bongrand et au sien, M. Ch. Dufraisse a décrit le principe et donné quelques résultats d'une méthode de mesure du pouvoir lacrymogéne établie par eux en 1915-1916 ([1]). Le principe de cette méthode est le même que celui de la méthode dont je me suis servi, antérieurement à cette époque, dans une étude systématique des propriétés irritantes ([2]) des substances minérales et organiques. C'est d'ailleurs au cours de cette étude que j'ai reconnu à certaines substances une action très différenciée, presque spécifique, sur les annexes de l'œil, action que j'ai proposé de qualifier de lacrymogène ([3]). En raison de ses applications particulières, je n'avais pas cru devoir présenter cette étude à l'Académie, mais la Note de MM. Dufraisse et Bongrand m'incite à présenter au moins quelques observations d'intérêt physiologique.

Les substances lacrymogènes déterminent, lorsqu'elles arrivent au contact de la muqueuse oculaire, même à l'état de vapeurs très diluées, une sensation de picotement plus ou moins vive, bientôt suivie, par réflexe défensif, d'un écoulement de larmes. Si la concentration est suffisante, le picotement devient assez intense pour obliger, sans résistance possible, à fermer complètement les paupières. Un homme atteint de la sorte est mis, tant qu'il reste dans l'atmosphère active, dans l'impossibilité absolue de combattre.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 617.

([2]) Appelées aussi agressives.

([3]) J'ai formé ce mot en apposant une racine latine (de *lacryma*, larme) à une racine grecque (de *gennân*, produire), sans me préoccuper d'une règle habituelle, mais non obligatoire, de construction des mots; l'essentiel était alors de trouver un qualificatif commode et expressif.

Le minimum de concentration perceptible, ou concentration de seuil, ne dépend pas seulement, pour un même observateur supposé de sensibilité invariable, de la nature de la substance considérée; elle dépend encore, et d'une façon très importante, de la durée de l'observation. En outre, au voisinage du minimum, le picotement n'apparaît pas franchement, mais par ondes successives, séparées par des intervalles de repos; on perçoit d'abord une sensation très faible, très fugace, puis, un peu plus tard, une nouvelle sensation suivie d'une troisième, et ainsi de suite, allant toutes en augmentant de netteté, jusqu'à ce qu'enfin le picotement devienne assez précis pour être enregistré avec certitude. Il n'est pas possible, dans ces conditions, d'utiliser une concentration de seuil qui soit véritablement « la concentration la plus faible en produit agressif que les organes puissent déceler ». On est obligé de choisir une concentration de seuil relative et plus ou moins arbitraire, assez éloignée du minimum de concentration perceptible pour donner lieu à des sensations nettes. MM. Dufraisse et Bongrand n'indiquent pas les chiffres qu'ils ont adoptés comme concentrations de seuil, mais, pour des observations de 30 secondes, ces chiffres dépassent certainement les minima de concentrations perceptibles.

Toutes les substances lacrymogènes ne se comportent pas exactement de la même manière. Il y en a, comme la chloropicrine, qui agissent, à condition, toutefois, que la dose ne soit pas trop infime, pour ainsi dire brusquement : la sensation douloureuse apparaît tout d'un coup assez forte et n'augmente que lentement d'intensité si l'on prolonge le séjour dans l'atmosphère irritante. Il y a d'autres substances, au contraire, comme la monochloracétone, dont l'action, aux doses comparables, est très progressive et exige, en quelque sorte, une plus longue période d'incubation. Cette différence ne s'explique pas par une simple différence de solubilité des deux types de substances dans le liquide aqueux qui imprègne la muqueuse oculaire, car la monochloracétone est justement, d'après mes expériences, beaucoup plus soluble dans l'eau que la chloropicrine (environ 80 fois) [1].

Le pouvoir lacrymogène, mesuré par le rapport inverse des poids de substances qui font apparaître le picotement des yeux après une même durée d'observation varie, dès lors, avec la longueur de l'observation, lorsque l'on passe d'un type de substance à un autre. Il augmente avec la

(1) La plupart des substances lacrymogènes n'agissent sans doute pas directement sur les terminaisons nerveuses, mais après avoir subi une décomposition préalable. On comprend qu'une différence dans la vitesse de cette décomposition puisse intervenir dans le mode d'action apparente.

durée pour une substance du second type comparée à une substance du premier. L'augmentation est telle, dans le cas de la chloropicrine et de la monochloracétone, par exemple, que l'ordre des pouvoirs lacrymogènes est lui-même inversé. Tandis qu'après une durée d'observation de 30 secondes, la monochloracétone semble d'un tiers ou d'un quart environ moins active que la chloropicrine, après une durée de 3 minutes elle présente une activité à peu près double.

J'ajouterai, en terminant, que de nombreuses mesures faites par moi et par deux de mes collaborateurs, MM. Diénert et Sazerac, ont montré que la sensibilité de la conjonctive aux vapeurs lacrymogènes, un peu différente pour chaque observateur, variait pour tous dans le même sens avec les heures de la journée : la sensation de picotement et les larmes apparaissaient un peu moins vite, à doses égales, dans la matinée que dans l'après-midi.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des indices d'enzymes du sang. Dosage de la catalase, de la peroxydase et de l'éthérase dans une goutte de sang.* Note de M. **A. Bach** et M^me^ **Sophie Zoubkoff**, présentée par M. Ch. Richet.

L'étude comparée des enzymes du sang à l'état normal et pathologique de l'organisme présente un très grand intérêt. Celle que nous proposons et qui constitue le premier pas vers l'établissement des indices d'enzymes du sang normal et pathologique, tout en étant suffisamment précise et expéditive, exige des quantités minimes de sang ($0^{cm^3},001$).

Par une piqûre à la pulpe du doigt, on fait sortir une goutte de sang que l'on aspire au moyen d'une pipette capillaire de $20^{mm^3}$ et transfère dans une fiole contenant $20^{cm^3}$ d'eau distillée. Pour chaque essai, on prend $1^{cm^3}$ de liquide hémolysé.

*Dosage de la catalase.* — Dans une fiole conique de $75^{cm^3}$, on introduit $7^{cm^3}$ d'eau, $1^{cm^3}$ de sang dilué et $2^{cm^3}$ de peroxyde d'hydrogène à 1 pour 100 pur (*parfaitement neutre*) et, après avoir agité, on place la fiole à l'étuve à 37° pendant 30 minutes. Un essai témoin est fait dans les mêmes conditions avec $1^{cm^3}$ de solution sanguine préalablement chauffée à l'ébullition. Au bout du temps indiqué, on ajoute dans chaque fiole $3^{cm^3}$ d'acide sulfurique normal et l'on dose le peroxyde d'hydrogène non décomposé au moyen d'une solution décinormale de permanganate. La quantité de permanganate employée dans le titrage de l'essai témoin, moins celle employée dans le titrage de l'essai principal, indique la quantité de peroxyde décomposée par $1^{mm^3}$ de sang, c'est-à-dire fournit la mesure du travail de la catalase.

*Dosage de la peroxydase.* — Le sang chauffé à l'ébullition accélérant l'action oxydante du peroxyde d'hydrogène au même titre que le sang frais, certains auteurs nient l'existence d'une peroxydase animale et se bornent à attribuer à l'hémoglobine ou à ses dérivés les fonctions catalytiques assignées à la peroxydase végétale. Or il est facile de démontrer que, dans le sang, les deux fonctions, — celle de la peroxydase et celle de l'hémoglobine, — ne font que se superposer et peuvent être disjointes sans difficulté.

Dans un tube à essai étroit, on verse $7^{cm^3}$ d'eau, $1^{cm^3}$ d'une solution à 1 pour 1000 de gaïacol pur, $1^{cm^3}$ de sang dilué et $1^{cm^3}$ de peroxyde d'hydrogène à 1 pour 100. Le mélange prend peu à peu une coloration brun rouge qui atteint son maximum au bout de 15 minutes. Un essai témoin, opéré dans les mêmes conditions avec $1^{cm^3}$ de sang dilué et préalablement chauffé à l'ébullition, *reste parfaitement incolore*, la réaction de la peroxydase étant beaucoup plus sensible que celle de l'hémoglobine.

La quantité de gaïacol oxydée par la peroxydase du sang avec le concours du peroxyde d'hydrogène est dosée au moyen d'une échelle colorimétrique exactement calibrée. Comme terme de comparaison, nous employons un liquide dont la coloration correspond à celle du gaïacol oxydé et qui s'obtient en chauffant de l'albumine de blanc d'œuf ($5^g$), avec du chlorure de cobalt ($2^g$), en présence de soude caustique ($10^g$) dans $250^{cm^3}$ d'eau et filtrant. Le liquide dilué systématiquement (de 1 à 10) est introduit, à raison de $10^{cm^3}$, dans des tubes étroits que l'on scelle à la lampe. Le calibrage de l'échelle ainsi obtenue se fait en oxydant, par un excès de peroxydase végétale et de peroxyde d'hydrogène, des solutions contenant de $0^g,0005$, à $0^g,001$ de gaïacol pur dans $10^{cm^3}$ et comparant les colorations au colorimètre muni d'un verre laiteux. Il est préférable d'opérer à la lumière constante d'une lampe électrique. La peroxydase végétale se prépare le mieux en faisant macérer $1^{kg}$ de raifort réduit en pulpe avec $500^{cm^3}$ d'eau, exprimant, filtrant, précipitant par 3 vol. d'alcool et redissolvant le précipité dans $500^{cm^3}$ d'eau. La solution additionnée de toluène se conserve indéfiniment. L'activité de la peroxydase employée était telle que $5^{cm^3}$ de sa solution mis en présence de $1^g$ de pyrogallol et de $15^{cm^3}$ de peroxyde d'hydrogène à 1 pour 100 dans $50^{cm^3}$, ont fourni $0^g,363$ de purpurogalline cristallisée. Pour le calibrage de l'échelle, ainsi que pour tous les essais qui vont être décrits, la solution de peroxydase a été diluée au $\frac{1}{20}$.

*Dosage de l'éthérase.* — Pour transformer le dosage titrimétrique usuel de l'éthérase en dosage colorimétrique, nous avons mis à profit la propriété des éthers phénoliques de ne pas être oxydés par le système peroxydase-peroxyde d'hydrogène, alors que les phénols libres le sont très rapidement.

$0^g,2$ de sulfogaïacolate de potasse dans $7^{cm^3}$ d'eau sont introduits dans un tube étroit avec $1^{cm^3}$ de peroxyde d'hydrogène à 1 pour 100, $1^{cm^3}$ de solution de peroxydase étendue et $1^{cm^3}$ de sang au millième, et le tout est abandonné à la température ordinaire pendant 30 minutes. Au fur et à mesure que l'éther est dédoublé sous l'action de l'éthérase, le gaïacol mis en liberté est oxydé par la peroxydase et le peroxyde

d'hydrogène en présence. Un essai témoin est opéré en même temps et dans les mêmes conditions avec $1^{cm^3}$ de solution sanguine préalablement chauffée à l'ébullition.

Pour le dosage du gaïacol mis en liberté et oxydé, on se sert de la même échelle colorimétrique que pour le dosage de la peroxydase du sang. Pour la bonne réussite de l'opération, il convient de choisir la concentration de la peroxydase végétale de telle sorte que l'essai témoin accuse à peine une légère coloration. La quantité du gaïacol oxydé qui correspond à celle-ci est défalquée du nombre obtenu dans l'essai principal. On obtient ainsi la mesure du travail de l'éthérase exprimée en milligrammes de gaïacol oxydé par $1^{mm^3}$ de sang. La théorie de cette réaction sera discutée ultérieurement.

Le dosage des ferments dans le sang de l'un de nous (Bach) a donné, en moyenne de 40 observations faites en l'espace de 3 mois (mars, avril, mai 1920), les nombres suivants :

Catalase : $17^{mg},8$ $H^2O^2$ décomposé par $1^{mm^3}$ de sang (maximum 18,78; minimum 17,17).

Peroxydase : $0^{mg},121$ de gaïacol oxydé (maximum 0,153; minimum 0,096).

Ethérase : $0^{mg},131$ de gaïacol mis en liberté et oxydé (maximum 0,147; minimum 0,108).

La méthode qui vient d'être exposée a été mise en pratique dans quelques hôpitaux en vue d'élucider les variations du travail des ferments du sang au cours de diverses maladies et notamment dans les cas de fièvre typhoïde et de typhus exanthématique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des radiations lumineuses sur un fixateur d'azote.* Note de M. E. **Kayser**, présentée par M. P. Viala.

L'influence des diverses radiations lumineuses sur les bactéries a déjà fait l'objet de nombreuses recherches; on constate tantôt une destruction complète du micro-organisme, perte du pouvoir chromogène, atténuation de la virulence, tantôt une exaltation de certaines propriétés, comme dans les expériences d'Engelmann avec le *Bact. photometricum*.

Nous avons étudié cette action avec l'*Azobacter agile*, caractérisé par la grande motilité, la formation de pigment et la fluorescence.

Les milieux de culture, ensemencés, étaient placés dans des verres colorés, exposés le long d'une fenêtre, à la lumière du jour, du 1er juillet au 20 octobre; l'expérience a été faite à la température du laboratoire, dans une pièce où le soleil ne pénètre guère.

Sans méconnaître les modifications résultant de l'action lumineuse sur le milieu

de culture, on trouve une influence directe sur les propriétés du micro-organisme.

Le milieu mannité à 3,04 pour 100 additionné de sels et d'une minime quantité de carbonate de chaux était réparti entre des vases coniques, placés dans des conserves colorées; à l'œil nu déjà, on pouvait voir les changements de teintes allant du jaune brunâtre plus ou moins foncé (verres blanc, bleu, violet) au rouge brun (verre rouge), au jaune citron avec fluorescence (verres jaune, vert et noir); l'extrait obtenu montrait la disparition complète de la mannite dans les verres jaune, noir et vert; cet extrait était trois fois plus élevé pour le rouge et le bleu, cinq fois plus élevé pour le blanc et six fois pour le violet; tous ces derniers extraits présentaient la cristallisation caractéristique de la mannite; l'azote a été dosé par la méthode Kjeldahl dans le liquide et dans la masse microbienne recueillie sur filtre.

| Couleur. | Azote du filtre. | Azote du liquide. | Azote total. |
|---|---|---|---|
| | mg | mg | mg |
| Noir | 6,08 | 6,76 | 12,84 |
| Blanc | 8,10 | 4,54 | 12,64 |
| Rouge | 7,65 | 7,70 | 15,35 |
| Jaune | 7,32 | 10,74 | 18,06 |
| Vert | 6,36 | 6,42 | 12,78 |
| Bleu | 9,96 | 6,28 | 16,24 |
| Violet | 6,08 | 4,96 | 11,04 |

On voit qu'il existe un maximum pour la lumière jaune, un minimum pour la lumière violette; le poids des extraits nous renseigne déjà, d'une façon bien qu'approximative, très suffisamment sur la destruction de la mannite; on a trouvé par gramme de mannite décomposé pour le violet 8$^{mg}$,59 d'azote, pour le jaune 5$^{mg}$,94 et pour le noir 4$^{mg}$,22; dans le violet, le microbe a bientôt arrêté son action, tandis qu'il a agi avec les autres couleurs plus ou moins longtemps; or, on sait que l'intensité assimilatrice varie d'une façon continue avec l'âge du microbe, le moment considéré et le rapport trouvé entre l'azote fixé et l'hydrate de carbone détruit, ne fournit qu'un résultat moyen; dans le jaune, l'azote solubilisé était maximum.

Nous avons constaté des changements de teintes du même ordre avec une solution glucosée à 2,9 pour 100; les liquides des conserves jaune et verte présentaient seuls la couleur jaune citron.

| Couleur. | Sucre disparu. | Azote du filtre. | Azote du liquide. | Azote total. | Azote par gramme de sucre brûlé. |
|---|---|---|---|---|---|
| | g | mg | mg | mg | mg |
| Blanc | 0,566 | 2,771 | 1,258 | 4,03 | 7,115 |
| Rouge | 0,566 | 2,496 | 1,611 | 4,11 | 7,058 |
| Jaune | 1,289 | 6,681 | 2,594 | 9,28 | 7,195 |
| Vert | 1,539 | 7,585 | 2,987 | 10,57 | 6,899 |
| Bleu | 0,792 | 4,539 | 1,611 | 6,15 | 7,765 |
| Violet | 1,026 | 4,755 | 1,769 | 6,53 | 6,358 |

Nous constatons à nouveau le maximum d'azote assimilé avec les couleurs jaune et verte, correspondant au maximum de sucre disparu, et en même temps à la masse microbienne maxima recueillie sur le filtre. A cet égard on ne peut parler de proportionnalité mathématique (la masse du filtre pesait $71^{mg}$ dans le vert, $69^{mg}$ dans le jaune, $51^{mg}$ dans le violet et seulement $42^{mg}$ dans le rouge), car dans un phénomène biologique, beaucoup de facteurs interviennent d'une façon plus ou moins tangible; c'est dans le bleu que la quantité d'azote assimilé par gramme de sucre décomposé était maxima.

Ces essais montrent donc, à côté de l'influence de la radiation, celles de l'aliment hydrocarboné, de la masse microbienne; d'autre part on sait que l'âge du microbe, la concentration, la température peuvent intervenir.

Des essais en cours nous renseigneront sur le point de savoir si l'induction lumineuse peut conférer au fixateur d'azote des propriétés permanentes, donner lieu à de nouvelles races. On connaît, à cet égard, la remarquable adaptation des microbes aux antiseptiques, d'après les recherches de MM. Richet et Cardot; l'action de la lumière donne souvent naissance à la production d'antiseptiques dans le milieu et l'accoutumance du microbe à ces modifications pourrait lui faire acquérir des propriétés très favorables par l'assimilation azotée dans la grande pratique agricole; le chapitre de l'accoutumance des microbes aux conditions les plus variées est loin d'être clos.

BACTÉRIOLOGIE. — In vivo *comme* in vitro *les microbes passent à travers la paroi du filtre*. Note de M. **J.-Y. Heymans**, présentée par M. Charles Richet.

Lors de mes essais de vaccination antituberculeuse par bacilles virulents enfermés dans un sac de roseau, je constatai que, non pas immédiatement, mais au bout d'un certain temps, des bacilles se trouvaient en dehors du sac. Ce fait m'a ensuite amené à démontrer que, lors de la culture dans du bouillon de n'importe quel microbe à l'intérieur de n'importe quel filtre (sacs de roseau, sacs de collodion, filtres Pasteur, filtres en parchemin, ultra-filtres), toujours les microbes passent de l'intérieur du filtre à travers la paroi dans le milieu extérieur [*Sur la perméabilité des filtres, des ultra-filtres et des membranes dialysantes aux microbes* (*Arch. intern. de Pharmacodyn. et de Thér.*, vol. 22, 1912, p. 49)]. Tout en sachant que l'existence d'un

seul pore à diamètre microbien expliquerait les résultats de nos expériences, j'ai cependant émis l'hypothèse que les microbes passent à travers la paroi du filtre par des pores réellement plus petits qu'eux, parce qu'ils peuvent, à l'exemple des globules blancs en diapédèse, s'étirer en une forme de diamètre ultra-microscopique.

Pour contrôler cette interprétation, j'ai institué des expériences spéciales *in vivo* chez le lapin et voici comment :

Dans des sacs de roseau, dûment contrôlés et renfermant $0^{g},05$ de poudre sèche de pomme de terre, on introduit un bout de fil de $1^{mm}$-$2^{mm}$ chargé de spores de charbon, on ferme et l'on collodionne les deux extrémités du sac : celui-ci est introduit d'abord dans une capsule en gélatine et placé ensuite dans la cavité péritonéale du lapin. Au bout de 2 à 3 jours, tout lapin porteur d'un tel sac meurt par infection charbonneuse généralisée. Dans une deuxième série d'expériences, la préparation du sac de roseau étant terminée, on le saisit par le bout du fil d'une des deux ligatures et on le plonge dans du collodion simple ; après évaporation, on le saisit par le bout de fil de l'autre ligature, on le replonge dans le collodion et on laisse évaporer. J'ai aussi revêtu la paroi du sac de roseau, d'abord de deux couches continues de collodion ; j'ai porté ensuite le nombre de ces couches à 5, 10, 20, de sorte que finalement le sac de roseau était entouré d'une épaisse membrane de collodion. Ces sacs de roseau collodionnés, mis en une capsule de gélatine, étaient ensuite placés dans la cavité péritonéale du lapin : la mort est retardée davantagé, mais survient quand même, soit après 5, 10, 15 jours. Aucun animal ne survit. Comme les membranes formées par le collodion simple sont assez fragiles, j'ai, dans une troisième série d'expériences, pris du collodion riciné, dit élastique, dans lequel j'ai plongé le sac de roseau jusqu'à 30 fois, en laissant évaporer après chaque bain. Ces sacs, entourés ainsi d'une membrane de collodion élastique d'une épaisseur allant jusqu'à $1^{mm}$ et comprenant jusqu'à 30 couches concentriques, sont de nouveau placés dans le péritoine du lapin. Contre toute attente, la mort par infection charbonneuse généralisée, tout en étant retardée encore plus, survient ; la survie la plus longue a été de 30 jours ; aucun animal porteur d'un sac de roseau renfermant des spores de charbon, alors même qu'il fût collodionné au degré indiqué ci-dessus, n'a survécu.

Voilà les faits observés, suggestifs à divers points de vue, mais n'envisageons ici que la sortie des bacilles. Comme je me suis efforcé à ce qu'aucune fissure ne persiste ou ne se produise, à ce que le collodion, simple ou riciné, forme autour du sac de roseau une membrane absolument uniforme et absolument hermétique, on est bien obligé, semble-t-il, d'admettre que le sac de roseau collodionné, renfermant les spores de charbon, est absolument étanche pour les bacilles de charbon au moment d'être placé dans le péritoine du lapin, et qu'il ne peut pas posséder un seul pore par où les bacilles comme tels puissent passer. Nonobstant, après un intervalle ne

dépassant pas 30 jours, le bacille de charbon traverse la paroi du sac de roseau collodionné, et infecte l'animal. Après avoir pesé toutes les autres interprétations, j'arrive encore, comme pour les cultures *in vitro*, à cette conclusion que les microbes, ici le bacille de charbon, doivent germer et pousser à travers les pores des membranes sous une forme excessivement ténue ou ultra-microscopique, soit à ce degré de grandeur qui est permanent chez les virus invisibles ou filtrables. Ces nouvelles expériences confirment l'hypothèse de la diapédèse microbienne ultra-microscopique.

PARASITOLOGIE. — *Sur la multiplication endogène de* Chloromyxum truttæ *Léger. Myxosporidie biliaire de la Truite.* Note [1] de M. **Louis Léger.**

La multiplication endogène des Myxosporidies est loin d'être connue pour toutes les espèces et, en ce qui concerne les formes où elle a été signalée, les auteurs ne sont pas toujours d'accord sur le mode suivant lequel elle s'effectue. Ainsi, pour ne parler que des Myxosporidies des cavités (biliaire ou urinaire), Cohn décrit chez *Myxidium* du Brochet un bourgeonnement externe multiple, tandis que Laveran et Mesnil admettent une plasmotomie active des stades jeunes, comparables à celle signalée par Doflein et Erdmann chez *Chloromyxum Leydigi*. Cépède voit également une plasmotomie des stades jeunes chez *Myxidium Legeri* et Schrœder une plasmotomie des grands stades chez *Spheromyxa*. Enfin Georgevitch décrit chez *Myxidium gadi* une schizogonie binaire, et, chez *Ceratomyxa Herouardi*, la plasmotomie et le bourgeonnement interne et externe.

Cette diversité dans le mode de multiplication endogène suffit à montrer l'intérêt qui s'attache à suivre ce processus dans d'autres espèces, ce qui d'ailleurs n'est pas toujours facile, car il semble s'effectuer, au moins pour les espèces d'eau douce, pendant un temps très court de l'année, à la fin de l'hiver.

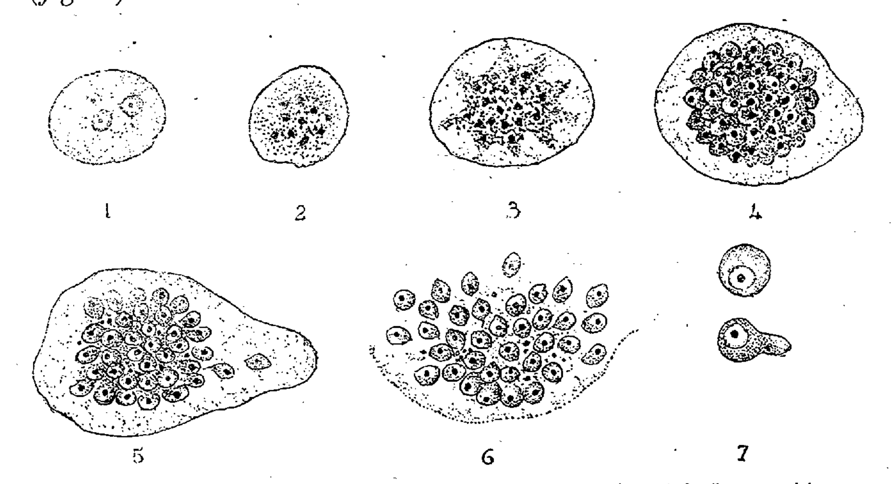
Un riche matériel provenant de Truites sauvages du Suzon en Dauphiné nous a permis de suivre la multiplication endogène chez *Chloromyxum truttæ* Léger, parasite de la vésicule biliaire. Dans cette espèce dont le faciès et les mouvements amiboïdes sont des plus caractéristiques, nous n'avons jamais observé de schizogonie binaire non plus que de plasmotomie. Par contre nous pouvons affirmer qu'une active multiplication endogène a lieu

[1] Séance du 8 novembre 1920.

par une schizogonie multiple interne (endoschizogonie) mettant en liberté, d'un seul coup, par la destruction du corps résiduel du schizonte, une grande quantité de petits schizozoïtes uninucléés.

A l'état jeune, par exemple chez des stades de 10$^{\mu}$, les schizontes de *Ch. truttæ* sont déjà faciles à reconnaître à leur cytoplasma chromophile, leurs noyaux petits, semblables et déjà nombreux (*fig.* 2), tandis que les sporontes de même taille ont un cytoplasma clair avec des noyaux peu nombreux et de deux sortes (*fig.* 1). Laissant de côté ces derniers pour le moment, je décrirai seulement ici l'évolution des schizontes et la schizogonie.

Les schizontes grandissent en multipliant activement leurs noyaux qui restent à chromatine massive, et de taille trop petite pour en suivre les phénomènes mitotiques. En même temps, un cytoplasma chromophile se condense peu à peu dans la région centrale, de façon à envelopper tous les noyaux, tandis que le cytoplasme périphérique est clair et d'aspect alvéolaire (*fig.* 3).




*Chloromyxum truttæ* Léger : Fig. 1. Jeune sporonte. — Fig. 2 à 6. Jeune schizonte et schizogonie × 1500. — Fig. 7. Jeunes schizozoïtes × 2500.

A la fin de la croissance et de la multiplication nucléaire, il se constitue ainsi, à l'intérieur du schizonte primitif, une masse germinative interne ordinairement sphérique, qui montre bientôt autant de saillies qu'il y a de noyaux. Cette masse germinative, morulaire, à cytoplasme chromophile, va maintenant se comporter comme un véritable schizonte interne, pouvant atteindre jusqu'à 20$^{\mu}$ de diamètre, enfermé dans le corps de l'organisme primitif dont le plasma reste clair, vacuolaire, et, la plupart du temps,

sans éléments nucléaires visibles (*fig.* 4). Enfin les saillies nucléées s'individualisent complètement, donnant naissance à autant de schizozoïtes uninucléés dont le nombre semble dépasser une centaine chez les plus grands schizontes.

A ce moment il n'est pas rare de voir quelques schizozoïtes quitter déjà l'amas central et ramper dans la région périphérique claire et diffluente du générateur (*fig.* 5). Bientôt d'ailleurs l'enveloppe de celui-ci se liquéfie, mettant en liberté l'essaim de schizozoïtes qui s'éparpillent sous forme de petits éléments d'abord sphériques, de $2^{\mu}$ à $3^{\mu}$, puis rapidement amæboïdes, piriformes (*fig.* 6). Chacun d'eux montre un cytoplasma homogène, assez fortement colorable, avec un noyau formé d'un corps chromatique central entouré d'un espace clair, sans membrane visible (*fig.* 7).

Nous ne saurions dire si cette génération agame peut se répéter ou si elle présente d'autres processus. Nous ne l'avons observée qu'à la fin de l'hiver et parfois avec une telle intensité qu'elle suffirait à elle seule à expliquer la quantité innombrable de sporontes qui, dans certaines truites ictériques, remplit presque complètement la vésicule biliaire.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 4 octobre 1920.)

Note de M. *R. Fosse*, Analyse qualitative de l'acide cyanique :

Page 635, ligne 10, *au lieu de* $CONH^2NH^3$, *lire* $CONH, NH^3$.
Page 636, ligne 18, supprimer *a*.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1920.

*Table de caractéristiques de base 30030 donnant en un seul coup d'œil les facteurs premiers des nombres premiers avec 30030 et inférieurs à 901800900*, par Ernest Lebon. Tome I, fascicule 1. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 28cm.

*Rôle du manganèse en agriculture. Son influence sur quelques microbes du sol*, par Dimitrie A. Claru. Paris, J.-B. Baillière, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Lindet.)

*H. C. Orsted Naturvidenskabelige Skrufter*, par Kirstine Meyer. Copenhague, Andr. Fred. Host, 1920; 3 vol. 31cm.

*Atlas des régions pétrolifères de la France. Cartes des indices minéralogiques et toponymiques*, par Paul Durandin. Paris, Société de Géographie, 1920; 1 vol. 33cm.

*Les nouvelles théories alimentaires*, par Raoul Lecoq. Paris, Vigot, 1920; 1 vol. 24cm.

*T. N. B. et T. N. T.* (*Trinitrobenzene and Trinitrotoluene*), par H. Kosteuitch. Londres, Wm. Macnab, 1919; 1 vol. 21cm.

*The Hardwods of Australia and their Economics*, par R.-T. Baker. Sydney, William Applegate Gullick, 1919; 1 vol. 31cm.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 22 NOVEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. Henri DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

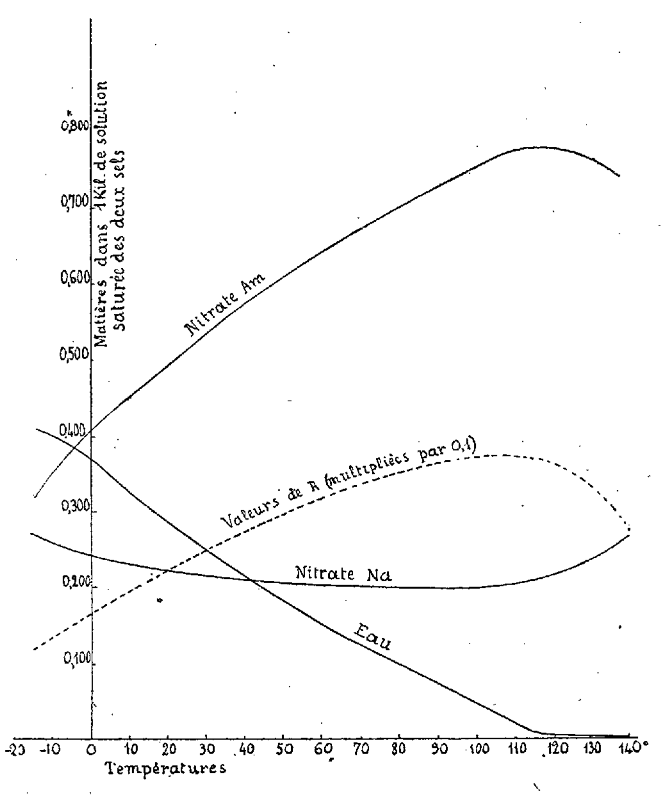
CHIMIE. — *Sur la séparation de deux sels ayant un ion commun.* Note de M. **A.-Th. Schlœsing**.

Dans la fabrication du nitrate d'ammoniaque par le nitrate de soude et le bicarbonate d'ammoniaque, on obtient une solution aqueuse de nitrate de soude et de nitrate d'ammoniaque dont il s'agit d'extraire le dernier sel. J'ai pratiqué cette extraction en me servant des courbes dont je vais parler. Des courbes analogues peuvent être utilisées lorsqu'on a à séparer deux autres sels possédant un ion commun ou, en général, deux substances cristallisables. J'indiquerai, à titre d'exemple, la façon de procéder dans le cas des deux nitrates ci-dessus.

On construit une courbe $C_1$ dont les ordonnées représentent les poids de nitrate d'ammoniaque dissous dans $1^{kg}$ de solution saturée à la fois de nitrate d'ammoniaque et de nitrate de soude aux différentes températures, portées en abscisses; en même temps, on construit une courbe $C_2$ donnant les poids de nitrate de soude dissous conjointement avec le nitrate d'ammoniaque.

Les déterminations nécessaires à l'établissement de ces deux courbes peuvent s'effectuer avec une extrême simplicité, admettant d'ailleurs toute la précision voulue. On a un tube à essai, qui est maintenu dans un bain à une température fixe et où l'on agite les deux sels purs et de l'eau en prenant toutes précautions pour être sûr que la saturation de la solution soit réalisée. La température de saturation est lue sur un thermomètre plongeant dans le liquide du tube à essai. Avec une pipette effilée et tarée on prélève un échantillon, de $2^g$ à $5^g$ par exemple, de la portion bien limpide de la solution

saturée. On pèse la pipette et l'on fait passer son contenu dans une capsule où on l'évapore pour en avoir le poids sec; après quoi on dose avec soin l'ammoniac, ce qui suffit, étant donné qu'on est en présence de sels purs, pour fournir le poids exact de chacun des deux sels et, par suite, pour fixer un point de $C_1$ et un point de $C_2$ correspondant à une certaine température. On achève les deux courbes en opérant de même à autant de températures qu'il faut.




Avec les données acquises, on construit encore une courbe $C_3$ indiquant le poids d'eau dans 1^kg de solution saturée des deux sels à chaque température et une courbe $C_4$ représentant, à chaque température, le rapport R de l'ordonnée de $C_1$ à l'ordonnée de $C_2$. Voici une partie de mes résultats d'expériences, permettant de tracer les quatre courbes figurées ci-dessus.

| Température. | Nitrate Am. | Nitrate Na. | Eau. | R. |
|---|---|---|---|---|
| | Par kilogramme de solution saturée des deux nitrates. | | | |
| ° | kg | kg | kg | |
| 140 | 0,731 | 0,264 | 0,005 | 2,77 |
| 117 | 0,780 | 0,211 | 0,009 | 3,70 |
| 95 | 0,740 | 0,200 | 0,060 | 3,70 |
| 60 | 0,644 | 0,202 | 0,154 | 3,19 |
| 40 | 0,575 | 0,210 | 0,215 | 2,74 |
| 16,1 | 0,474 | 0,226 | 0,300 | 2,10 |
| 0,2 | 0,391 | 0,241 | 0,368 | 1,62 |
| −15,4 | 0,320 | 0,271 | 0,409 | 1,18 |

Supposons qu'on donne une solution de nitrate d'ammoniaque et de nitrate de soude contenant ces deux sels en proportions quelconques. On la pèse. On l'analyse (seule analyse rigoureusement nécessaire pour toute la suite), ce qui donne les poids M de nitrate d'ammoniaque, N de nitrate de soude et P d'eau qu'elle renferme. On va la concentrer de manière qu'elle soit saturée des deux sels à une température T relativement élevée et qu'un seul des deux sels se dépose alors partiellement, l'autre restant entièrement dissous. Selon que le rapport de M à N sera supérieur ou inférieur au rapport R lu sur la courbe $C_4$ pour T°, le dépôt à T° consistera en nitrate d'ammoniaque ou nitrate de soude. Ce sera, par exemple, du nitrate de soude (¹). Le poids d'eau à conserver pour maintenir en dissolution à T° la totalité du nitrate d'ammoniaque et par suite le poids d'eau à éliminer s'obtiennent immédiatement (²). Toute l'opération consiste en cette simple élimination, qu'on mesure soit par la perte de poids du récipient renfermant les matières, soit par l'eau que fournit la condensation de la vapeur produite. On maintient à T° pendant la cristallisation du nitrate de soude et l'on enlève le dépôt. On essore et, s'il y a lieu, on clairce ce dépôt.

On est maintenant en présence d'un poids connu d'une eau-mère saturée

(¹) S'il devait se déposer à T°, dans cette première concentration, du nitrate d'ammoniaque, on comprendra qu'il serait inutile de réaliser cette fois la saturation à T° et qu'il pourrait suffire d'amener l'eau à la quantité strictement nécessaire pour maintenir tout le nitrate de soude dissous à $t°$ ; puis, en faisant cristalliser à cette température $t$, on obtiendrait la première récolte de nitrate d'ammoniaque.

(²) Il faut conserver $E\frac{M}{A}$ d'eau et par suite en éliminer $P - E\frac{M}{A}$, E et A ayant les significations indiquées un peu plus loin.

des deux nitrates à T°, dont il faut extraire le nitrate d'ammoniaque. On va la refroidir à une température relativement basse, $t^o$, en faisant en sorte qu'à cette température elle soit saturée des deux sels sans aucun dépôt de nitrate de soude. Il faut que la liqueur renferme assez d'eau pour garder en dissolution à $t^o$ tout le nitrate de soude présent. On y ajoute l'eau qui manque pour cela. Soient A, B et E respectivement les ordonnées des courbes $C_1$, $C_2$ et $C_3$ à $T_0$ et soient $a$, $b$ et $e$ leurs ordonnées à $t^o$. L'eau à ajouter par kilogramme de la solution saturée à T° est $e\frac{B}{b} - E$. Après cette addition, on refroidit et maintient à $t^o$. Le dépôt ou la récolte de nitrate d'ammoniaque, exempt de nitrate de soude, par kilogramme de solution saturée à T°, pèse $A - a\frac{B}{b}$, soit, par kilogramme de nitrate d'ammoniaque contenu dans cette solution, $\frac{A - a\frac{B}{b}}{A}$ ou $1 - \frac{R_t}{R_T}$ ($R_t$ et $R_T$ sont les valeurs du rapport R à $t^o$ et T°). Pour avoir le maximum de récolte du nitrate d'ammoniaque, on choisit $t$ et T de façon que $\frac{R_t}{R_T}$ soit le plus petit possible. A la seule inspection de la courbe $C_4$, on voit qu'on peut prendre T à peu près indifféremment entre 95° et 117° (d'où résulte une latitude assez précieuse) et qu'on a intérêt à prendre $t$ aussi bas que possible.

Après l'enlèvement de la récolte de nitrate d'ammoniaque (qu'on essore et clairce si l'on veut), on peut faire rentrer en fabrication l'eau-mère (comme plus haut le nitrate de soude qu'on a séparé), pour qu'elle s'enrichisse en nitrate d'ammoniaque et revienne se faire traiter en vue de l'extraction de ce sel. Au laboratoire, si l'on voulait tirer d'une quantité donnée de la solution primitive le plus grand poids possible de nitrate d'ammoniaque (un tel souci se présenterait dans la préparation d'un corps plus ou moins précieux), on pourrait concentrer de nouveau l'eau-mère et la saturer des deux sels à T°, écarter le dépôt de nitrate de soude qui se formerait à cette température, ajouter de l'eau en proportion voulue et revenir à $t^o$ pour obtenir une deuxième récolte de nitrate d'ammoniaque; on en obtiendrait ensuite d'autres, de plus en plus petites, tout le travail se faisant sans tâtonnement grâce à l'emploi des courbes et à quelques pesées. En fait, il deviendrait utile de consulter encore l'analyse pour bien fixer la composition des liqueurs, d'autant que, pour être certain de produire des cristaux purs, il est prudent d'ajouter ou de laisser un peu plus d'eau que le voudraient les courbes, ou encore de ne pas atteindre tout à fait les températures $t$ et T, ce qui éloigne légèrement les eaux-mères des compositions prévues.

On peut aussi bien extraire, comme on vient de le voir, l'un des deux nitrates que l'autre.

Ce qui précède est applicable à la séparation de bien des sels, autres que le nitrate d'ammoniaque et le nitrate de soude, qu'on rencontre assez communément : nitrate et chlorure de sodium, nitrate et chlorure de potassium, etc.

Suivant les cas, on devra, pour extraire le sel voulu, partir d'une solution saturée des deux sels donnés à T° ou bien saturée à $t°$. A ce point de vue, on est tout de suite renseigné par la courbe des rapports R.

Il est facile de voir que, soit qu'on parte d'une solution saturée à T° pour obtenir un dépôt à $t°$, soit qu'on parte de $t°$ pour former un dépôt à T°, la récolte en sel déposé, par kilogramme de sel contenu dans la solution saturée à la température de départ, est représentée par $1 - \frac{R_t}{R_T}$ si les deux sels sont tels que l'on ait $R_t < R_T$ et par $1 - \frac{R_T}{R_t}$ si l'on a $R_T < R_t$.

Les courbes telles que celles qui viennent d'être envisagées permettent de régler, en vue de l'extraction de l'un ou l'autre sel présent, les évaporations et additions d'eau à faire et d'en indiquer par avance l'exacte grandeur, de déterminer les températures $t$ et T les plus favorables et de réaliser le maximum des récoltes. Des courbes d'un genre différent (Van't Hoff) pourraient être utilisées dans le même but. Celles qui sont étudiées plus haut me semblent, dans le cas de deux sels, se recommander par le petit nombre et la facilité des déterminations expérimentales au moyen desquelles elles s'établissent; dans l'exemple ci-dessus, huit expériences extrêmement simples peuvent suffire au tracé des courbes $C_1$ et $C_2$ (les courbes $C_3$ et $C_4$ s'en déduisent immédiatement sans autre expérience).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Nouveaux systèmes de halage électrique sur les canaux*. Note (¹) de M. **Édouard Imbeaux**.

Éléments du problème. — Le halage des péniches ($300^t$) sur des canaux à point de partage et à nombreuses écluses, comme ceux de la Marne au Rhin et des houillères de la Sarre, présente de nombreuses difficultés :

1° *Au point de vue technique.* — *a*. Les voies en question ont des chemins de halage très étroits ($2^m$ à $2^m,50$ par places), des tunnels et ponts-canaux

(¹) Séance du 8 novembre 1920.

à section très rétrécie et avec banquette de $1^m,20$ de largeur, de nombreux ponts à une voie, dits en *chapeau de gendarme*, des échelles d'écluses, enfin des ports et des sections à quatre voies à traverser sans prendre appui sur les chemins de halage.

*b*. L'effort de traction dans l'amarre pour une péniche chargée doit pouvoir varier entre $400^{kg}$ en bief courant (marche à $3^{km},5$) et $800^{kg}$ et même $1200^{kg}$ au démarrage ou à l'entrée dans une écluse (1).

*c*. La résistance du bateau pour un moteur à la rive agissant obliquement vers l'axe du canal et vers le bas, il en résulte deux composantes *parasites*, l'une transversale (2) et l'autre verticale, contre lesquelles il faut lutter (on a donc intérêt à tirer avec une longue amarre, en se plaçant le plus bas possible et le plus voisin de l'axe).

2° *Au point de vue économique*. — *d*. En raison des prix élevés actuels des travaux et de la main-d'œuvre, l'électrification ne doit entraîner aucune transformation sérieuse de l'assiette des canaux, ni des ouvrages d'art.

*e*. Elle ne doit pas entraîner l'emploi de grandes quantités de métaux (devenus très coûteux), ce qui à mon avis proscrit la pose d'une voie ferrée lourde et indique l'utilisation du courant triphasé.

*f*. Enfin, l'exploitation pour être économique ne doit comporter ni engins, ni agents nombreux (notamment pas d'agents dont le temps serait mal utilisé) : bref, en dehors des dépôts et ateliers de réparation et des électriciens surveillant les lignes, il ne faudrait sur les canaux que les mariniers et les éclusiers.

SYSTÈMES EN PRÉSENCE. — 1° *Touage*. — S'applique bien à la marche en convoi et pour traverser certains passages difficiles; mais est contre-indiqué pour les parcours à nombreuses écluses, puisqu'il faudrait défaire et refaire le convoi à chaque écluse.

2° *Système des tracteurs des canaux du Nord*, — Est coûteux de premier établissement, parce qu'exigeant des rails (voie de $1^m$ pesant $40^{kg}$ au mètre), et parce qu'employant des tracteurs trop lourds ($8^t$ à $10^t$), qui d'ailleurs ne passeraient pas pour les canaux de l'Est sous de nombreux ponts, dans les tunnels et sur les ponts-canaux, et qui tireraient bien trop obliquement dans les sections à 4 voies de bateaux. De plus, il serait trop onéreux d'exploitation, parce qu'exigeant autant de mécaniciens que de

(1) D'après les résultats des expériences que nous avons fait faire sur la section électrifiée de Foug au moyen d'un dynamomètre-enregistreur Richard.

(2) C'est cette composante qui attirait le *cheval électrique* dans le canal et lui faisait entailler et détruire le chemin de halage.

tracteurs [1], et parce qu'aux écluses — au nombre de 180 sur la Marne au Rhin — ces mécaniciens perdraient beaucoup de temps pendant l'éclusage (12 minutes sur 14 si les tracteurs de voie courante font le service des écluses, tout le temps de l'éclusage s'il y a aux écluses des tracteurs spécialisés, nouvelle complication fort onéreuse). Bref, le système n'est pas à mon avis financièrement viable sur un canal à nombreuses écluses [2].

3° *Halage funiculaire : système de la Compagnie générale électrique.* — Dérivé du système de M. Lévy, décrit dans ma Note (*Comptes rendus* du 16 février 1914), et appliqué avec succès sur la Marne au Rhin à Foug pour le tunnel et les écluses. Mais en voie courante, il faudrait trouver le moyen de passer automatiquement d'une section à une autre, et de supprimer les convoyeurs : de plus, l'usure des câbles et des poulies paraît devoir être rapide.

Le système a donc besoin de nouveaux perfectionnements, mais il semble pouvoir se prêter à de nombreuses combinaisons : par exemple, le double câble mobile peut être placé en l'air dans l'axe du canal, et tirer ainsi les bateaux, tout en libérant les rives, dans les parties à 4 voies et la traversée des ports : s'il était en mouvement continu, il constituerait une sorte de *trottoir roulant* pour les bateaux, lesquels n'auraient individuellement qu'à s'attacher à une des amarres pendant du câble de distance en distance. De même aux échelles d'écluses et si l'on suppose les écluses doubles, le câble passant entre les deux lignes d'écluses donnera aux bateaux à l'instant voulu la force motrice dont ils ont besoin aux différentes phases de l'éclusage.

4° *Système de la Société Otis-Pifre* (ingénieur M. Derungs) [3]. — Dérivé du *cheval électrique* de Denèfle et Galliot et aussi du monorail Clarke, ce système a été expérimenté à Saint-Maurice en 1920 et a bien réussi : il répond à nos desiderata et ne coûterait guère que moitié du système des tracteurs sur rails.

Il consiste à installer le long du chemin de halage deux câbles fixes, et à

---

(1) Voir même le double si l'on veut marcher 16 heures par jour et appliquer la loi de 8 heures.

(2) Les mêmes inconvénients existent pour les tracteurs sans rails, tracteurs Feuillette ou tanks de guerre, avec moteurs à essence, qu'on a essayé d'atteler aux bateaux : en outre, la destruction rapide du chemin de halage et le coût de leur consommation d'essence en prohibent l'emploi à titre définitif.

(3) C'est déjà M. l'ingénieur Derungs qui, alors attaché à la Compagnie générale électrique, a installé le halage funiculaire de Foug et a mis ce système au point, grâce à de nombreuses inventions de détail.

faire circuler le long d'eux un *locomoteur funiculaire* qui tire le bateau. C'est en somme un toueur sur berge. Chaque câble constitue un organe de réaction élastique indépendant; l'un de ces câbles, appelé *primaire*, fournit l'effort de traction; l'autre, appelé *secondaire*, fournit la réaction nécessaire pour annuler la composante parasite transversale.

Le locomoteur a la forme d'un tricycle très léger et très étroit ($0^m,60$ de large), actionné par un moteur électrique quelconque. Il se propulse en s'engrenant sur des butées fixées au câble primaire ([1]), par pression progressive, sans glissement et rigoureusement dans la direction de l'effort de halage. Il est calculé pour traîner une péniche chargée à $3^{km},5$ à l'heure et peut même en traîner deux. Il comporte un appareil breveté spécialement, appelé *balancier* ([2]), destiné à reporter automatiquement sur le câble secondaire l'effort transversal, ce dernier étant annulé par une composante de roulement naissant dans la réaction élastique du câble secondaire.

Le locomoteur est complètement automatique et se dirige tout seul; il est lié au convoi qu'il doit remorquer et ne le quitte qu'arrivé à destination. (On peut toutefois l'en détacher facilement pour une raison quelconque, réparations, accident, etc.) Il peut donc être commandé par le marinier depuis son bateau, au moyen de leviers et de commandes électriques passant dans l'amarre.

Le locomoteur n'est pas seulement un tracteur, mais aussi un treuil; l'organe qui le fait avancer par engrènement progressif peut, si le locomoteur est retenu par un heurtoir, provoquer le déplacement d'un câble sans fin qui aurait pris la place du câble primaire. Cette disposition est très intéressante dans certains cas (gares d'eau) où le locomoteur ne peut suivre le bateau, ce dernier étant alors déplacé à distance par le câble sans fin.

Enfin, l'engin est assez léger (un peu moins d'une tonne et pourra peser moins encore) pour pouvoir quitter le sol et être porté en l'air sur une poutre ou un câble à la traversée des passages difficiles (tunnels, ports, 4 voies) : on revient ainsi au monorail.

5° *Système Chêneau.* — Dérive du système Clarke où la poutre est

---

([1]) Aux essais de Saint-Maurice, ce câble était une lame d'acier portant à sa face inférieure, de distance en distance, les butées s'engrenant dans l'organe de traction. On voit que l'adhérence n'est plus prise sur le sol, seconde raison pour laquelle le chemin de halage ne soit pas dégradé.

([2]) C'est en somme un jeu de leviers articulés auxquels s'attachent la traction et l'amarre de remorquage et qui s'appuient sur une piste de guidage, de manière que le système soit en équilibre indifférent.

remplacée par un câble fixe porteur (de $20^{mm},8$ de diamètre, résistance à la rupture de $30000^{kg}$), sur lequel court un locomoteur très léger ($600^{kg}$), qui n'est autre chose qu'un moteur électrique de 10 HP pendu au câble. Ici il n'y a plus de contact avec le chemin de halage, et le locomoteur peut passer partout et se mettre dans l'axe du canal au besoin.

Le bâti, formant carter, qui renferme le mécanisme, repose sur le câble au moyen de deux roues verticales. La traction est assurée par deux paires de roues horizontales, opposées deux à deux, qui serrent entre elles le câble et reçoivent leur mouvement du moteur. La pression de ces roues motrices, nécessaire à l'adhérence, est obtenue par la réaction du filin d'amarre sur le crochet d'attelage porté par le locomoteur, ce crochet faisant partie d'un système de leviers qui multiplie l'effort dans la mesure voulue : les roues dans chaque paire opposée restent d'ailleurs libres de prendre un écartement variable suivant les surépaisseurs que peut présenter le câble.

L'appareil est muni d'un dispositif de démarrage automatique réalisé par des contacteurs électromagnétiques, ainsi que d'un frein automatique. La mise en marche est obtenue par le simple jeu d'un commutateur, lequel peut être commandé à distance par le marinier au moyen du filin de traction, attaché au crochet d'attelage : la tension de l'amarre par l'intermédiaire des leviers ferme un contact qui, par un jeu de relais, détermine la mise en marche, tandis que laisser se détendre le filin provoque l'arrêt.

Ce nouveau système, qui paraît répondre aussi aux besoins des canaux de l'Est, n'a été expérimenté que sur des wagonnets dans un chantier de Neuilly (avec du courant continu à 500 volts) : l'inventeur va essayer à Saint-Maurice comment il se comportera en service réel avec des bateaux.

*Conclusion.* — L'ingéniosité des inventeurs continue à s'exercer sur le problème si délicat du halage électrique, ce qui tient à ce que la solution n'en est sans doute ni simple, ni unique, mais doit probablement se modifier suivant les difficultés rencontrées sur chaque voie ou partie de voie navigable. Les nouveaux systèmes proposés paraissent apporter des avantages techniques et économiques considérables (du moins pour les canaux de l'Est de la France) [1], et méritent qu'on leur fasse subir un essai pratique sur des longueurs suffisantes de canaux en service.

---

[1] Il y aurait aussi grand intérêt à chercher la meilleure solution pour la traction électrique sur le futur *grand canal d'Alsace* (voir ma Communication *Comptes rendus* du 5 mai 1919) entre Strasbourg et Bâle, où il s'agira de bateaux dits de 1200 ($75^m \times 11^m \times 2^m$), ayant à remonter un courant de $1^m,20$ par seconde : on aura de l'énergie électrique produite par le Rhin lui-même et l'on économiserait tout le charbon que consommeraient les remorqueurs.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la chaleur de vaporisation d'un liquide aux basses températures.* [Réponse à une Note (¹) de M. G. Bruhat.] Note (²) de **M. E. Ariès.**

M. Bruhat n'a pas trouvé suffisants les arguments apportés dans ma dernière Note (³) en vue d'établir, d'une façon sommaire, quatre propositions qui sont assez peu connues, disais-je : je puis ajouter, aujourd'hui, qui sont en contradiction avec des idées assez couramment acceptées. La question, qui touche aux points les plus élevés de la Thermodynamique pure, est trop importante pour que je n'y revienne pas encore une fois, avec le seul désir que la lumière jaillisse pour tous de cette discussion.

Ces propositions ont entre elles un lien étroit. J'en ai donné des démonstrations très détaillées auxquelles j'ai renvoyé le lecteur dans ma Note précitée : je regrette que M. Bruhat n'ait pas cru devoir les consulter, pour y chercher une première faute, et pour la signaler, s'il la trouvait. Il a préféré s'en tenir à vouloir démontrer à son tour que l'une de ces propositions, qu'il appelle mon hypothèse, à savoir $L_0 = 0$, est inconciliable avec les faits observés.

M. Bruhat part, pour cela, de la formule de M. Max Planck,

$$L = L_0 + C'T - \int_0^T C\,dT,$$

que j'ai incriminée, parce que son auteur admet, *a priori*, sans examen, que la constante $L_0$ peut ou doit être différente de zéro.

Cette formule, dit M. Bruhat, est classique et applicable à condition que l'on puisse *assimiler la vapeur saturée à un gaz parfait* ($pu' = RT$). Il aurait pu ajouter qu'elle suppose encore que les deux chaleurs spécifiques d'un gaz parfait sont constantes, et que la chaleur spécifique à pression constante d'un liquide est indépendante de la pression. Or, ces restrictions sont telles que la formule n'est valable qu'aux *très basses températures*, au voisinage du zéro absolu. C'est un fait facile à vérifier. Que l'on calcule, par exemple, pour les trente substances pures étudiées par M. S. Young, et prises sous

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 712.

(²) Séance du 15 novembre 1920.

(³) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 456.

leurs poids moléculaires, la valeur de l'expression $\frac{pu'}{T}$, et l'on constatera que cette valeur s'écarte encore notablement de la constante universelle $R = 0,08207$, alors même que ces calculs se rapporteraient aux plus basses températures explorées par les expériences de M. Young, et qui sont encore trop éloignées du zéro absolu.

Si donc, $L_0$ étant nul, la formule (10) (¹) donne toujours des valeurs positives de $m'$, il importe de remarquer que c'est pour des températures assez voisines du zéro absolu, que ces valeurs très petites tendent vers zéro comme C, quand la température elle-même tend vers zéro, et que ces constatations, loin d'être en contradiction avec les faits d'expérience, comme pense le démontrer M. Bruhat par une extrapolation excessive, ne font, au contraire, que confirmer mes prévisions.

M. Bruhat trouve tout à fait satisfaisantes les vérifications numériques de la formule (10), et qui permettent facilement, selon lui, de calculer la valeur approximative de $L_0$. Ces vérifications sont de deux sortes :

Les premières, qui concernent l'anhydride sulfureux et le chloroforme, sont indépendantes de la valeur que peut avoir $L_0$, et ne prouvent rien, quant à cette valeur. Elles sont cependant instructives, parce qu'elles montrent le degré d'approximation que l'on peut obtenir dans certains calculs, quand on assimile une vapeur saturée à un gaz parfait, en dehors des basses températures. La température d'inversion $\theta$ étant connue ($m' = 0$), on tire de la première expression de $m'$, égalée à zéro, $L_0 = C'\theta$, ce qui donne pour la chaleur de vaporisation du chloroforme à la température d'inversion, 55 au lieu de 59, ce qui n'est pas très satisfaisant, mais s'explique cependant.

Les vérifications suivantes concernent le benzène pour lequel M. Bruhat calcule $m'$ entre les températures 273 et 483, qui s'écartent de 100° environ de la température d'inversion $\theta = 374$, en employant, non pas la formule (10), mais la formule (11) qu'il en déduit :

$$m' = C\left(1 - \frac{\theta}{T}\right)$$

en admettant que C est *constant*, alors que cette chaleur spécifique du corps à l'état liquide est une quantité essentiellement variable, en principe fonction de la température et de la pression, et qui s'annule toujours au zéro absolu. Les résultats obtenus ne sont d'ailleurs pas aussi satisfaisants

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 162.

que l'estime M. Bruhat, puisque aux températures supérieures à la température d'inversion, la valeur calculée de $m'$ atteint à 483° près de sept fois la valeur observée.

La deuxième expression de la formule (10), qui cette fois contient $L_0$, donne à la température d'inversion, toujours en supposant C constant,

$$L_0 = \int_0^\theta C\,dT = C\theta$$

soit, avec $C = 0,414$ et $\theta = 374°$, $L_0 = 155$. Telle est la valeur de $L_0$ que M. Bruhat présente comme approximative. Est-il vraiment possible d'avoir la moindre confiance dans un résultat obtenu moyennant des conditions qui s'écartent considérablement de la vérité.

J'ai dit dans ma dernière Note, et je maintiens, qu'il n'est pas possible de concevoir un tracé de la courbe de saturation et des adiabatiques, tel que l'entropie puisse finir par croître indéfiniment sur la courbe de saturation à mesure que le volume augmente et que la température s'abaisse sur cette courbe, ce qui signifie que les adiabatiques finissent toujours par sortir de l'intérieur de la courbe de saturation pour ne plus y rentrer. La seule disposition de ces courbes, compatible, à mon avis, avec les propriétés des fluides, notamment aux basses températures, est celle qui est figurée à la page 39 de mon opuscule déjà cité. M. Bruhat signale au début de sa dernière Note qu'il est parvenu à une autre disposition (il serait intéressant de la connaître dans tous ses détails), et d'après laquelle l'entropie de la vapeur saturée tendrait vers $+\infty$, quand la température T tend vers zéro, ce qui signifie que les adiabatiques finissent toujours par rentrer dans la courbe de saturation au lieu d'en sortir comme je l'admets.

La conclusion qu'en tire M. Bruhat, avec juste raison, est qu'une détente adiabatique aboutit toujours à la condensation de la vapeur (et non du liquide) et que cette condensation tend à devenir complète, quand le volume augmente indéfiniment et que la température tend vers zéro. Mais il n'insiste pas sur les conséquences de cette hypothèse qui appellent cependant l'attention. Il en résulte que le volume occupé par un liquide pris à l'état de saturation tend, comme le volume de la vapeur émise, vers l'infini, à mesure que la température s'approche du zéro absolu. Tout fluide serait doté d'un second état critique, dont les éléments auraient les valeurs suivantes : $T_c = 0$, $p_c = 0$, $v_c = \infty$. Les deux branches de la courbe de saturation représentant l'état liquide et l'état de vapeur seraient asymptotes à l'axe des volumes, et la branche représentant l'état liquide, partant du point

critique que nous connaissons tous, irait d'abord, comme l'apprend l'expérience, en s'approchant de l'axe des pressions, pendant que la température et la pression s'abaisseraient; puis le volume du liquide ayant atteint un minimum que ni l'expérience ni la théorie n'ont jamais constaté, irait ensuite en croissant jusqu'à l'infini, tandis que la température et la pression iraient en décroissant jusqu'à zéro. La conception de ce volume infini d'un liquide au zéro absolu me paraît surtout renverser toutes les idées généralement reçues, et faire bien peu de cas des nombreuses recherches qui ont eu pour objet la détermination de la valeur très petite, et non infinie, que prend, au zéro absolu, le volume d'un liquide. Pour ces motifs, l'hypothèse que l'entropie d'une vapeur saturée puisse tendre vers l'infini quand la température tend vers zéro, me semble absolument inadmissible.

Pour terminer cette discussion, je donnerai encore une fois une courte et simple démonstration des quatre propositions qui l'ont soulevée. Elle est basée sur une formule de M. Max Planck qui suit immédiatement, dans ses *Leçons de Thermodynamique*, celle que M. Bruhat lui a empruntée, et qui est non moins classique. Cette formule, qui donne la tension de vapeur saturée *aux très basses températures*, est la suivante :

$$\operatorname{Log} p = \frac{C'}{R} \log T - \frac{L_0}{RT} + \frac{a}{R}.$$

La première des formules (4) de M. Bruhat (formule de Clapeyron) devient aux très basses températures, en y faisant $u = 0$ et $pu' = RT$, ce qui est légitime,

$$\frac{L}{T} = S_0 = \frac{RT}{p}\,\frac{dp}{dT},$$

$S_0$ étant la valeur vers laquelle tend l'entropie de la vapeur saturée, quand T tend vers zéro, et qui est *finie* pour les raisons données plus haut. On tire de cette relation par intégration, K étant une constante,

$$\log p = \frac{S_0}{R} \log T + \log K.$$

Les deux valeurs de $p$ doivent être identiques, ce qui entraîne

$$S_0 = C', \qquad L_0 = 0 \qquad \text{et} \qquad p = KT^{\frac{C'}{R}}.$$

Ce sont les expressions de trois des propositions dont il s'agit. L'expression de la dernière, $m' = 0$ pour $T = 0$, résulte de la formule (10) de M. Bruhat.

M. H. Lecomte fait hommage à l'Académie des trois premiers volumes d'un Ouvrage intitulé : *Herbier du Muséum de Paris. Phanérogamie. Notulæ systematicæ.*

S. A. S. Albert Ier, prince souverain de Monaco, invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration de l'Institut de paléontologie humaine, à Paris, le 23 décembre prochain. MM. Edmond Perrier, Roux, A. Lacroix, Bonaparte, Douvillé, Henneguy, Mangin, Termier, Haug, Ch. Richet, Kœnigs sont désignés.

## CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats pour la *Chaire de géologie* déclarée vacante au Muséum national d'histoire naturelle.

(Renvoi à la Section de Minéralogie.)

M. le Ministre des Finances invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui occupera, dans la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, la place vacante par l'expiration du mandat de M. A. Haller.

M. Pierre Lesne adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Loutreuil* en 1919.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Aug. Chevalier, *Exploration botanique de l'Afrique occidentale française*. Tome I : *Énumération des plantes récoltées*. (Présenté par M. H. Lecomte.)

2° F. Cathelin, *Le professeur J. Albarran* (1860-1912).

3° Cabanès, *Mœurs intimes du passé*, 6e série.

M. E. Fournier adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions algébroïdes et les fonctions croissantes*. Note de M. **Théodore Varopoulos**, présentée par M. Hadamard.

1. Une fonction $u = \varphi(z)$, ayant un nombre $\nu$ fini de branches, satisfait à une équation de la forme

$$f(z, u) = u^{\nu} + A_1(z)\, u^{-\nu} + A_2(z)\, u^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu-2}(z)\, u^2 + A_{\nu-1}(z)\, u + A_{\nu}(z) = 0,$$

où $A_1(z)$, $A_2(z)$, ..., $A_{\nu}(z)$ désignent des fonctions entières ou méromorphes de $z$.

Nous appelons *valeur exceptionnelle* de la fonction $u = \varphi(z)$ à $\nu$ branches toute valeur $u = a$ telle que l'équation $\varphi(z) = a$ admette un nombre fini de racines, et il en est de même de l'équation $f(z, a) = 0$.

J'appelle *équivalentes* deux valeurs $a_1$, $a_2$ de $u$ pour lesquelles le rapport $f(z, a_1) : (z. a_2)$ est une fonction rationnelle de $z$. Si l'une est exceptionnelle l'autre l'est aussi.

M. Rémoundos dans sa Thèse intéressante [1] a fait une profonde étude sur les valeurs exceptionnelles et a démontré le théorème suivant : *Une transcendante algébroïde quelconque à $\nu$ branches prend dans le domaine de l'infini* (qui est le point essentiel) *toutes les valeurs, sauf, peut-être,* $N = 2\nu$ *au plus*.

2. Je me propose dans cette Note de compléter en certains points les résultats de M. Rémoundos au point de vue du rôle qu'y jouent les valeurs exceptionnelles équivalentes. Par un procédé devenu classique depuis les travaux de M. Em. Borel sur le théorème de M. Picard, je suis arrivé aux résultats suivants.

I. *Si les fonctions $A_i(z)$ sont en général méromorphes et s'il ne se présente pas des valeurs équivalentes, le nombre* $N$ *ne surpasse pas* $\nu + 1$.

II. Appelons (E) l'ensemble des valeurs de $u$ pour lesquelles $f(z, u)$ est une constante ou un polynome, et qui sont appelées, par M. Rémoundos, *formelles;* $(E_1)$ l'ensemble des autres (intrinsèques) qui ne sont pas équivalentes; $(E_2)$ l'ensemble des valeurs équivalentes pour lesquelles le rapport $f(z, u_i) : f(z, u_j)$ n'est pas constant, et enfin $(E_3)$ l'ensemble des

(1) *Sur les zéros d'une classe de fonctions transcendantes* (Paris, Gauthier-Villars, 1905, et *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*).

valeurs équivalentes pour lesquelles le rapport $f(z, u_i) : f(z, u_j) = c$ (constant). Nous aurons le théorème suivant :

*L'ensemble des valeurs* (E), ($E_1$) *ne surpasse pas le nombre* $\nu + 1$.

III. *Dans le cas où les fonctions* $A_i(z)$ *sont entières, l'ensemble des valeurs* (E), ($E_1$), ($E_2$) *ne surpasse pas le nombre* $\nu + 1$, *l'infini compris.*

Nous avons des fonctions algébroïdes $u = \varphi(z)$ définies par les équations de la forme (1), pour lesquelles le nombre $N = \nu + 1$.

Par exemple, supposons l'équation $u^\nu = A(z)$; la fonction $u$ prend toutes les valeurs, sauf peut-être $\nu + 1$ au plus. Tels sont l'infini et toutes les $\sqrt[\nu]{a}$, où $a$ est la valeur exceptionnelle de la fonction entière $A(z)$.

3. *Si* $M(x)$ *désigne une fonction croissante quelconque, j'établis l'inégalité*

$$M\left[r + \frac{1}{M(r)}\right] < M(r)[\log_\nu M(r)]^\theta,$$

*où* $\theta > 1$ *quelconque, satisfaite à partir d'une valeur de r, sauf quelques intervalles exceptionnels d'étendue négligeable,* $\nu$ *étant un nombre entier aussi grand que l'on veut, mais fixe.*

MÉCANIQUE. — *Propriétés essentielles des transmissions pneumatiques en cycle fermé.* Note de M. **Jacques de Lassus**, transmise par M. Rateau.

Dans une précédente Communication, nous avons exposé les conditions générales de marche d'une transmission pneumatique utilisant une masse de gaz invariable en circuit fermé. Après ces considérations nous énoncerons les lois qui régissent les transformations polytropiques sur le cycle proposé. (Dans l'énoncé de ces lois, $\gamma$ est le coefficient de la transformation adiabatique ou pratiquement polytropique; K est le rapport volumétrique des deux compartiments, capacité sur réservoir, ou rapport des masses gazeuses initialement contenues dans ces compartiments; $M_r$ et $P_r$ sont la masse de gaz et la pression au réservoir à chaque instant; $M_c$ et $P_c$, masse et pression à chaque instant à la capacité; $P_i$, pression initiale de charge; $M_{ci}$, la masse initialement contenue à la capacité; $M_{ri}$, au réservoir.)

*Théorème I.* — Dans une transmission pneumatique mettant une masse de gaz invariable en circuit fermé entre deux compartiments de dimensions données fixes, la pression régnant à chaque instant dans l'un ou l'autre de ces compartiments, rapportée à la puissance $\gamma$ de la masse de gaz renfermée à l'instant considéré par le compartiment, est une *constante*.

Cette loi est exprimée par les relations $P_c = aM_c^\gamma$, $P_r = bM_r^\gamma$, où les constantes $a = \frac{P_i}{M_{ci}^\gamma}$ et $b = \frac{P_i}{M_{ri}^\gamma}$. Il est à propos de remarquer ici que cette loi ne peut et ne doit pas être confondue avec l'expression du résultat des expériences de Gay-Lussac et de Joule sur l'écoulement d'un fluide gazeux entre deux compartiments qu'on met en communication, *sans le concours ou sans la production de travail extérieur*, à la faveur seulement de la différence des pressions existant entre les deux compartiments.

*Théorème II.* — La puissance $\frac{1}{\gamma}$ de la pression existant à chaque instant au réservoir, ajoutée à la puissance $\frac{1}{\gamma}$ de la pression régnant à la capacité, quand on multiplie cette dernière par le coefficient K, représente une somme constante égale au produit par le coefficient K, augmenté de l'unité, de la puissance $\frac{1}{\gamma}$ de la pression de repos ou pression initiale de charge. Cette loi est exprimée par la relation

$$P_r^{\frac{1}{\gamma}} + KP_c^{\frac{1}{\gamma}} = (K+1)P_i^{\frac{1}{\gamma}}.$$

*Théorème III.* — Le taux ou degré volumétrique de compression $\rho$ au compresseur, variable avec les états successifs, qui correspond à un état donné $K_n$ du rapport des masses de gaz dans les deux compartiments, est égal à l'inverse du rapport $K_n$, multiplié par le facteur constant K, rapport des masses à l'état initial. De plus, $\rho$ est indépendant de la pression initiale de charge.

$$\text{Relation : } \rho = \frac{K}{K_n}.$$

*Théorème IV.* — La valeur de $K_m$, rapport de masses de gaz respectivement contenues à la capacité et au réservoir dans l'état qui correspond au maximum du travail par tour au compresseur, n'est fonction que de K, et du coefficient $\gamma$ de transformation.

$$\text{Relation : } K = \frac{\gamma^{\frac{1}{\gamma-1}} K_m}{[1-(\gamma-1)K_m]^{\frac{1}{\gamma-1}}}.$$

On déduit de cette dernière loi que le taux $\rho_m$, qui correspond au maximum du couple au compresseur, n'est fonction que de K et de $\gamma$.

*Compensation des fuites.* — En élevant à la puissance $\gamma$ les deux membres

de la formule qui exprime la seconde loi et en mettant le premier membre sous la forme $P_r\left(1+\frac{K}{\rho}\right)^{\gamma}$ on obtient la forme du binome $(X+1)^m$ où X, variable, est sensiblement compris entre 0 et 1, si K est plus petit que 4 par exemple. Comme $m$ est non entier voisin de 1, par développement en série suivant la formule de Taylor on arrive à l'expression $P_r + NP_c = \text{const.}$, où le coefficient N est voisin de $K^{\gamma}$.

Cette relation exprime que si l'on fait agir sur un piston à deux étages, dont les sections sont dans le rapport N, la pression $P_r$ constamment sur la petite section, la pression $P_c$ constamment sur la grande, *ce piston restera en équilibre* sous l'action d'une force antagoniste constante. Cet organe permet d'assurer l'invariabilité de la masse gazeuse en circuit : dès qu'il se produit une fuite sensible, ou dès que l'énergie interne moyenne de la masse gazeuse a tendance à s'écarter, aux différents régimes, de l'échelle des valeurs correspondant à la théorie, aussitôt le piston étagé a tendance à se déplacer dans un sens ou dans l'autre; son déplacement peut alors agir sur l'établissement d'une communication entre la capacité ou le réservoir et une bouteille de charge ou de vidange, selon le sens de déplacement du piston. Ce piston, qui assure *l'invariabilité de la masse gazeuse en circuit*, et qui revient à sa position moyenne de repos chaque fois que son intervention cesse, a reçu le nom de *balance pneumatique*. C'est à la fois, à tous les régimes, un organe de recharge automatique pour la compensation des fuites, et un organe de réglage de la marche. Un appareil donné, présentant un K donné, n'admet qu'une balance pneumatique dont le coefficient N est lié à K et, comme lui, caractéristique du groupe considéré.

*Marche sous différents potentiels initiaux.* — A s'en tenir à un réglage fixe de la distribution au récepteur, la troisième loi montre que les mêmes échelles de vitesse et de couples, c'est-à-dire les mêmes rapports limites des vitesses et des couples, seront obtenus avec le même appareil, quel que soit le potentiel initial de charge, c'est-à-dire quelle que soit la puissance qu'on demande au groupe pour une vitesse donnée du compresseur. Ainsi un appareil donné reste absolument comparable à lui-même quel que soit $P_i$. En particulier (théorème IV), le maximum du couple moteur au compresseur conserve la même situation entre les points extrêmes d'utilisation de la transmission. On pourra donc, dans les limites pratiques où la résistance des matériaux sera respectée, appliquer la même transmission à des puissances très différentes, simplement en agissant sur le ressort ou

sur la pression antagoniste de la balance pneumatique, de manière à modifier la constante de son équation d'équilibre, la position moyenne d'équilibre de cette balance ne variant pas, c'est-à-dire sans que rien soit changé à la disposition des différents organes de l'appareil.

CHRONOMÉTRIE. — *Les dernières perturbations de l'isochronisme.* Note (¹) de M. **Jules Andrade.**

Par l'emploi de balanciers non coupés, les perturbations de l'isochronisme inhérentes aux organes réglants des chronomètres se réduisent à deux : 1° la perturbation due à l'inertie du spiral, théoriquement étudiée pour la première fois par Caspari en 1876, *mais jamais encore expérimentalement isolée ni déterminée* par les épreuves d'isochronisme habituelles du réglage; 2° les perturbations dues aux frottements variables.

La première de ces deux dernières perturbations n'a, il est vrai, été encore étudiée même au simple point de vue de la prévision de son ordre de grandeur que pour les spiraux cylindriques munis de courbes terminales Phillips; il y a lieu toutefois de prévoir que même pour un spiral de Le Roy le sens de la perturbation, à savoir *l'avance aux petits arcs*, c'est-à-dire aux petites amplitudes de régime, se maintiendra. On peut alors se demander quelle influence pourraient avoir sur cette détermination *les frottements variables* les plus simples.

Adoptons par exemple l'hypothèse des techniciens, mais un peu élargie à l'égard de l'exposé que j'en ai fait dans ma Note du 30 août dernier.

La pression complémentaire sur la virole d'un spiral cylindrique unique restant (dans sa composante transverse) conforme aux calculs de Résal et Caspari, que j'ai récemment interprétés par la considération de l'attraction (ou de la répulsion) piton-virole, nous admettrons en outre que la composante longitudinale de l'action complémentaire de la virole est proportionnelle à la force transverse réduite à l'unité de distance.

Appliquons ces principes au doublet sinusoïdal de deux spiraux (type Le Roy), mais à viroles opposées.

Les forces élastiques du spiral double, pour un écart angulaire $u$ du balancier, produisent sur le balancier un couple régulier et des pressions complémentaires; à part le couple transverse, le balancier est alors appuyé :

(¹) Séance du 8 novembre 1920.

1° Par une pression diamétrale le long du diamètre des deux viroles égale à

$$\frac{u}{P}\frac{4EI}{R^2}\left(1+\frac{4}{P^2}-\frac{\cos u}{P}+\frac{\cos^2 u}{P^2}\right);$$

2° Par une autre pression diamétrale dirigée sur un diamètre actuel passant par la projection commune des deux pitons sur le plan transverse des viroles et égale à

$$\frac{u^2}{P^2}\frac{4EI}{R^2}\left(\frac{1}{P}+\frac{\frac{4\sin u}{u}}{P^2}\right);$$

3° Par une force longitudinale dirigée suivant l'axe du balancier et proportionnelle à

$$\frac{u}{P^2}\frac{4EI}{R^2}.$$

P étant supérieur à 12 tours, soit en radians $> 72$, l'appui latéral se fait, à 1° près environ, suivant le diamètre des viroles ; la pression longitudinale élastique est transmise au pivot du balancier, *d'où résultent par les pressions* PRÉDOMINANTES *élastiques*, et par le poids même du balancier, deux frottements : l'un constant, l'autre proportionnel à $|u|$ ; le moment pendulaire du balancier étant, comme nous le savons, $-K^2 u$ à l'ordre relatif de $\frac{1}{P^3}$, le moment des résistances passives aura une valeur globale de la forme

$$K^2[\mu|u|+f],$$

l'hypothèse $\mu=0$ fournit un isochronisme rigoureux (Villarceau); l'hypothèse $f=0$ fournit aussi un isochronisme rigoureux, comme je l'ai montré dans une Note récente.

Les frottements étant supposés d'abord constants, un graphique simple ou un calcul facile montrent alors que la perturbation d'isochronisme due aux deux frottements ne dépendra que des termes en $\mu f^2$ ou des termes en $\mu^2 f$, incomparablement plus petits que les termes de l'ordre de $\mu$ ou de ceux de l'ordre de $f$.

Si on les néglige, et ils sont négligeables, il ne restera donc que la perturbation d'isochronisme immédiat due à l'inertie des spiraux.

Et *c'est celle-ci que déterminera l'épreuve ordinaire d'isochronisme d'un chronomètre* conduit par les organes réglants ci-dessus indiqués.

Il est intéressant de remarquer qu'un tel chronomètre se défendra lui-même dans une certaine mesure contre l'anisochronisme séculaire, effet de

la vieillesse des huiles, car cette dernière tend à produire l'augmentation du frottement; or celle-ci, sur le chronomètre supposé privé de son échappement, ralentirait la vibration étudiée, mais d'un autre côté la diminution de l'amplitude de régime tend à produire une avance, il y a sinon compensation, au moins atténuation réciproque des deux tendances.

Cette atténuation ne suffira sans doute pas; mais alors, en me fondant sur le fait que le *moment sinusoïdal* du doublet de Le Roy est d'un ordre d'approximation plus élevé que la régularité du moment du spiral cylindrique muni de courbes terminales Phillips, on pourra *desserrer un peu la rigueur de l'ajustage du doublet* et modifier un peu la condition $P = P'$, c'est-à-dire atténuer la condition algébrique $p' - p = (2n \pm 1)\pi$.

C'est une méthode sur laquelle je reviendrai avec plus de détails, mais je me contente aujourd'hui d'indiquer l'importance de la détermination expérimentale de la perturbation *presque isolée* de l'effet d'inertie d'un doublet de Le Roy. Elle sera prochainement possible grâce à la précieuse collaboration de M. Henri Rosat, l'éminent chronométrier du Locle.

AÉRODYNAMIQUE. — *Nouvelle méthode d'essai de modèles en souffleries aérodynamiques*. Note de M. **W. Margoulis**, présentée par M. L. Lecornu.

La prévision des conditions de vol des avions, au moyen des résultats des essais des modèles dans les laboratoires actuels, conduit à des erreurs importantes, parce qu'il est impossible d'observer dans ces laboratoires les lois de similitude, exigeant l'égalité des nombres de Reynolds et l'égalité des rapports des vitesses aux vitesses du son. La première de ces conditions tient à la viscosité et prend surtout de l'importance aux faibles vitesses; la deuxième est due à la considération de la compressibilité et doit être observée aux grandes vitesses.

Or les nombres de Reynolds atteints dans les laboratoires actuels sont de 15 à 25 moindres que ceux réalisés par les avions, tandis que les vitesses du courant d'air restent de 2 à 3 fois plus faibles que les vitesses en vol. Aussi quand on essaye dans ces laboratoires un modèle d'avion, les fils fuselés résistent relativement deux fois plus et les montants de la mâture et du train d'atterrissage cinq fois plus, tandis que les ailes portent jusqu'à 30 pour 100 moins sur le modèle que sur l'avion.

Il en sera encore de même dans les grands laboratoires (1000 à 1500 HP)

actuellement en étude, qui, quoique réalisant des vitesses plus élevées, n'atteindront pas le septième de la valeur réelle du nombre de Reynolds.

Nous allons montrer qu'on peut cependant, avec une dépense d'installation et d'entretien de beaucoup inférieure à celle des laboratoires projetés, établir des souffleries réalisant des valeurs du nombre de Reynolds et du rapport de la vitesse à la vitesse du son, supérieures à celles atteintes par les appareils en grandeur.

Il suffit à cet effet d'employer un gaz autre que l'air, et notamment l'acide carbonique, à des pressions et températures convenables et généralement très différentes de celles de l'air ambiant.

Soient $v$ et $d$ la vitesse et le diamètre dans la chambre d'expériences d'une soufflerie; $\mu$ le coefficient de viscosité; $\rho_0$ la densité à 1 kg : cm² et 273°; $p$ la pression et T la température absolue du fluide circulant dans la buse. Les unités sont le kilogramme, le mètre et la seconde.

La puissance motrice $P'_m$, nécessaire pour actionner le ventilateur d'une soufflerie en circuit fermé du type de celle de Crocco, est ([1])

$$P'_m = 0,47\, v^{2,75}\, d^{1,75}\, \mu^{0,25}\, \rho_0^{0,75}\, p^{0,75}\, T^{-0,75}. \tag{1}$$

Si l'envergure du modèle d'un avion est égale aux $\frac{6}{10}$ du diamètre de la buse, le nombre de Reynolds sera

$$N = 0,6 \times \frac{v\, d}{\nu} = 0,0164\, v\, d\mu^{-1} \rho_0 p\, T^{-1}, \tag{2}$$

où $\nu$ est le coefficient cinématique de viscosité; $\nu = \frac{\mu}{\rho}$,

La vitesse du son dans un fluide étant égale à $\sqrt{\gamma \frac{p}{\rho}}$, $\gamma$ étant le rapport des chaleurs spécifiques, la condition de l'égalité des rapports de la vitesse à la vitesse du son exige que

$$v = 0,0183\, \rho_0^{-0,5}\, \gamma^{0,5}\, T^{0,5}\, V, \tag{3}$$

V étant la vitesse de l'appareil en grandeur.

Nous allons examiner trois cas :

PREMIER CAS. — *Essais de modèles d'avions et de dirigeables;* N *est donné.* —

---

([1]) Voir, dans la dernière publication du laboratoire Eiffel, *Résumé des principaux travaux exécutés pendant la guerre* (p. 184), notre théorie du fonctionnement des souffleries.

On tire des formules (1) et (2) :

$$P'_m = 37600 \times \frac{\mu^3}{\rho_0^2}\frac{T^2}{\rho^2}\frac{N^{2,75}}{d} \tag{4}$$

et

$$v = 61,1 \times \frac{\mu}{\rho_0}\frac{T}{p}\frac{N}{d}. \tag{5}$$

L'emploi dans une soufflerie de l'acide carbonique à 15 kg : cm² et 253° réduit la puissance, nécessaire pour réaliser un nombre de Reynolds donné avec un diamètre de buse déterminé, dans le rapport de 1088 à 1.

Deuxième cas. — *Essais de modèles d'hélices; V est donné.* — On a

$$P'_m = 0,000008 \times \frac{\mu^{0,25}\gamma^{1,375}}{\rho_0^{0,625}} p^{0,75} T^{0,625} d^{1,75} V^{2,75}, \tag{6}$$

la vitesse réelle dans la soufflerie $v$ étant déterminée par la formule (3).

L'emploi de $CO^2$ à 0,5 kg : cm² et 253° diminue la puissance de 70 pour 100; si l'on réduit la pression à 0,1 kg : cm², la diminution de la puissance sera de 90 pour 100.

Troisième cas. — *Modèle quelconque; V, N et d sont donnés.* — On a

$$P'_m = 0,00339 \times \frac{\mu\gamma}{\rho_0} T d V^2 N^{0,75} \tag{7}$$

et

$$p = 33,40 \times \frac{\mu}{\rho_0^{0,5}\gamma^{0,5}} T^{0,5} \frac{N}{\sqrt{d}}, \tag{8}$$

la valeur de $v$ étant donnée par la formule (3).

L'emploi de $CO^2$ à 253° et à une pression déterminée par la formule (8) réduit la puissance de 55 pour 100.

A titre d'application, considérons une soufflerie en circuit fermé, de $2^m$ de diamètre, d'une puissance de 300 HP, utilisant de l'acide carbonique. Les essais de modèles d'avions pourront être effectués à 15 kg : cm² de pression et à 253°; on réalisera ainsi à 30 m : sec un nombre de Reynolds de $81.10^6$, correspondant à celui d'un avion de $26^m$ d'envergure à 150 km : h, ou d'un avion de course à 650 km : h.

Les essais d'hélices pourront se faire à 0,1 kg : cm² et 253°; la vitesse atteinte sera de 118 m : sec, équivalente à une vitesse dans l'air de 160 m : sec, soit 575 km : h.

Pour réaliser ces conditions, une soufflerie ordinaire de $3^m$ de diamètre demanderait 217000 HP dans le premier cas, et 6000 HP dans le deuxième cas.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Actions à hérédité discontinue et raies spectrales.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Dans une Note antérieure [1], j'ai indiqué une circonstance qui peut faire apparaître, dans les lois du mouvement périodique d'un mobile, des propriétés discontinues, caractérisées par les nombres entiers successifs. Ce résultat se présente quand le mobile marche avec une vitesse beaucoup plus grande que la célérité des ondes qu'il crée dans le milieu qui l'entoure; il est alors rejoint par les ondes qu'il a émises en un nombre fini de positions antérieures, et la discontinuité se produit lorsque sa vitesse est telle qu'il soit exactement rattrapé par *le front* d'une onde antérieurement émise. J'ai précisé ce dernier point au récent Congrès de Strasbourg.

Les formules ont été écrites en supposant *constante* la célérité des ondes.

2. Il paraît peu vraisemblable que les actions électromagnétiques comportent une composante, encore inconnue, à propagation uniforme beaucoup plus lente que la lumière, comme il faudrait le supposer pour que ce phénomène joue un rôle en électromagnétisme. Mais on répugnera probablement moins à admettre que les actions inconnues, dont on constate la nécessité pour la construction de l'atome, se propagent dans l'étroit domaine atomique avec une célérité variable, de manière à reproduire au delà du domaine atomique les actions électromagnétiques classiques.

Au sujet de cette célérité variable, deux hypothèses extrêmes se présentent naturellement :

A. La loi de variation de la célérité est entièrement commandée par le noyau positif; ou, plus étroitement : la célérité est une fonction déterminée de la distance au centre du noyau, indépendante de l'électron mobile.

B. La loi de variation de la célérité est une propriété de l'électron mobile; les surfaces d'égale célérité suivent l'électron dans son mouvement (peut-être en se déformant) et sont indépendantes du noyau positif. C'est l'hypothèse A dont je vais indiquer quelques conséquences.

3. Soit R le rayon de la circonférence décrite par l'électron, avec la vitesse linéaire $v$.

Soit $n(r)$ l'inverse de la célérité à la distance $r$ du centre (occupé par le

(1) *Actions mécaniques à hérédité discontinue par propagation; essai de théorie dynamique de l'atome à quanta* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1318). — Voir Erratum (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 48).

noyau). Le rayon courbe de propagation de l'onde émise dans une certaine position, vient se mirer à la distance $r_0$, et recouper la circonférence R à une distance angulaire $2\alpha$ de la position origine.

Pour que le mobile soit atteint exactement par le front d'onde antérieurement émis suivant ce rayon, on établit facilement qu'il faut satisfaire aux deux conditions suivantes :

$$(1) \qquad R = n_0 r_0 v,$$

$$(2) \qquad \int_{r_0}^{R} \sqrt{n^2 r^2 - n_0^2 r_0^2} \frac{dr}{r} = n_0 r_0 k \pi.$$

Le mobile a parcouru l'arc

$$(2\alpha + 2k\pi)R \qquad (k \text{ entier})$$

pendant que l'onde parcourait l'angle $2\alpha$, avec

$$(3) \qquad \alpha = \arccos\left(\frac{r_0}{R}\right) + n_0 r_0 \int_{r_0}^{R} \left(\frac{1}{\sqrt{n^2 r^2 - n_0^2 r_0^2}} - \frac{1}{n_0\sqrt{r^2 - r_0^2}}\right)\frac{dr}{r}.$$

La fréquence correspondante est

$$(4) \qquad \nu = v : 2\pi R.$$

4. Les relations (4) et (1) déterminent $n_0 r_0$ en fonction de $\nu$. La relation (2) lie $r_0$, $n_0$ et R au nombre entier $k$ et à toute la loi des indices $n(r)$.

En particulier, on peut choisir arbitrairement, — en se laissant guider par des considérations non utilisées pour écrire les équations (1)... (4) — la loi de l'indice $n$ en fonction de $r$. On peut en outre s'imposer une loi de fréquence en fonction de $k$, — par exemple la loi de Balmer, celle de Bohr, ou toute autre, — si l'on adopte l'hypothèse que la raie $k$ correspond au mouvement dans lequel le mobile décrit un peu plus de $k$ tours avant d'être rattrapé par le front d'onde qu'il émet.

Ayant choisi ces données, l'équation (1) déterminera $r_0$ et l'équation (2) déterminera R, rayon de l'orbite qui correspond à $k$.

La constante de Balmer ($3,3.10^{15}$) et l'ordre de grandeur des R ($10^{-10}$ à $10^{-8}$) permettent de fixer à environ $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{1000}$ de la vitesse de la lumière, la célérité nécessaire des actions hypothétiques, pour les régions extérieures de l'atome (jusqu'à $\frac{1}{10}$ ou davantage, en approchant du centre).

On peut même montrer qu'une loi telle que

$$n = \frac{1}{30000}\sqrt{r} \quad \text{environ}$$

permet de retrouver à peu près les rayons des orbites de Bohr.

5. Inversement, on pourrait choisir $r_0$ et R en fonction de l'entier $k$ et chercher à déterminer $n$ en fonction de $r$ par l'équation (2), en y joignant la condition

$$n_0 r_0 = \frac{1}{2\pi\nu} = f(k)$$

donnée par la loi de fréquence adoptée en fonction de $k$.

Malheureusement, la fonction cherchée figure sous le signe d'intégration et l'*entier* $k$ apparaît sous le signe d'intégration (par $n_0 r_0$) et dans les deux limites $r_0$, R. Il en résulte une forme d'équation intégrale non encore étudiée, et qu'il ne paraît pas facile d'utiliser, au moins actuellement.

OPTIQUE. — *La lumière diffusée par l'argon.* Note de **Lord Rayleigh.**

Dans une Note très intéressante publiée sur le sujet ci-dessus, M. J. Cabannes a fait allusion ([1]) à quelques-unes de mes expériences originelles sur le degré de la polarisation de la lumière diffusée par ce gaz ([2]). (Ce travail a été publié par moi sous le nom de R.-J. Strutt, que je portais avant la mort de mon père. Il est important de donner cette explication, afin d'éviter toute confusion, attendu que M. Cabannes cite les œuvres de mon père non moins que les miennes.)

Il paraît impossible que M. Cabannes ait pu remarquer mon travail nouveau, récemment publié, dans lequel j'ai corrigé la première valeur ([3]). Ma nouvelle valeur donne 99,1 pour 100 de polarisation, et je suis très content de remarquer que M. Cabannes donne une valeur de plus de 98,5, laquelle s'harmonise assez bien avec la mienne. Il est difficile de mesurer exactement le faible effet de ce qui reste, et j'espère en obtenir prochainement une détermination encore plus exacte.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 852.
([2]) *Proceedings of the Royal Society*, A, vol. 95, 1918, p. 165.
([3]) *Proceedings of the Royal Society*, A, vol. 57, juillet 1920, p. 57.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transformation de l'ammoniac en urée.* Note de MM. C. **Matignon** et M. **Fréjacques**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le problème de la transformation économique de l'ammoniac en urée présente un intérêt industriel incontestable. L'urée est un condensateur d'azote, car sa teneur atteint près de 47 pour 100 alors que le nitrate d'ammoniaque, recommandé comme engrais azoté concentré, ne contient que 35 pour 100 d'azote. L'urée permettrait ainsi d'étendre le rayon d'action d'une usine d'ammoniac synthétique, car des expériences ont déjà montré que cette substance semble se comporter comme un excellent engrais, ce qui était d'ailleurs à prévoir, puisque la cyanamide évolue dans le sol en passant par l'urée.

Nous avons étudié, d'une façon approfondie, la transformation du carbamate d'ammoniaque en urée, tant au point de vue statique qu'au point de vue cinétique :

$$CO(NH^2)(ONH^4) \rightleftharpoons CO(NH^2)^2 + H^2O.$$

Fichter et Becker (¹) ont déjà montré que cette réaction était réversible.

En fait, le système chimique est assez complexe, l'eau formée en même temps que l'urée réagit sur le carbamate non décomposé et toutes les réactions suivantes se superposent à la première :

$$\begin{aligned} CO(NH^2)(ONH^4) + H^2O &= CO^3(NH^4)^2, \\ CO^3(NH^4)^2 &= CO^3H(NH^4) + NH^3, \\ CO^3H(NH^4) &= CO^2 + H^2O + NH^3, \\ CO^3(NH^4)^2 &= CO^2 + H^2O + 2NH^3. \end{aligned}$$

Nous avons d'abord déterminé expérimentalement les pressions d'équilibre d'un tel système formé à partir du carbamate seul introduit dans un espace clos d'un volume tel que la portion occupée par la phase gazeuse soit aussi petite que possible.

L'expérience nous a montré que, dans les conditions de nos essais, ce système chimique assez complexe était formé par une phase gazeuse et une seule phase liquide. Le système est divariant; par conséquent, la pression d'équilibre est donc fonction du rapport du volume du récipient à la masse

(¹) *Berichte*, t. 44, 1911, p. 3473.

de carbamate initial. Aussi avons-nous cherché à nous rapprocher autant que possible du cas limite où le volume de la phase gazeuse serait tout à fait négligeable pour donner à nos mesures un sens précis, la pression présentant alors sa valeur maximum pour une température donnée.

Nous avons d'ailleurs reconnu que la pression variait très lentement avec l'augmentation relative du volume du récipient, tout au moins tant que le volume de la phase liquide reste important.

Les mesures ont été effectuées dans des récipients cylindriques en cristal dont les parois avaient une épaisseur de $4^{mm}$. Le récipient maintenu verticalement est en relation, par sa partie inférieure, avec un tube capillaire épais trois fois recourbé et terminé par une partie horizontale fermée formant tube manométrique. Des renflements, intercalés entre le récipient et le manomètre, permettent d'augmenter la sensibilité de ce dernier.

La masse d'air jouant le rôle de corps manométrique est en relation avec la chambre de dissociation par l'intermédiaire du mercure.

Les pressions manométriques sont calculées à partir des températures et des volumes successifs de la masse d'air, volumes déterminés par des jaugeages au mercure. La pression de dissociation est égale à la pression manométrique augmentée de la pression correspondant à la dénivellation de la surface libre du niveau dans le récipient de dissociation par rapport au niveau du manomètre horizontal.

Tous les détails expérimentaux seront fournis par ailleurs dans un Mémoire développé.

Voici le Tableau des pressions mesurées :

| $t$. | Pression. |
|---|---|
| $^{\circ}$ | atm |
| 100 | 9,03 |
| 122 | 20,95 |
| 135 | 33,14 |
| 150 | 55,09 |

Une détermination, effectuée à 150° en doublant le volume de la phase gazeuse, nous a donné $55^{atm},21$; nous aurions dû obtenir une valeur un peu moindre, l'écart est donc de l'ordre des erreurs d'expériences.

En utilisant les pressions maxima correspondant aux températures 100°, 122° et 150°, nous avons obtenu la formule suivante, qui représente ces pressions exprimées à partir de la pression atmosphérique prise comme unité :

$$\log p = -\frac{1511}{T} + 5.6 \log T - 9.4.$$

La simultanéité des réactions secondaires indiquées plus haut explique pourquoi la tension maximum du système est supérieure à la somme de la tension de dissociation du carbamate et de la tension de la vapeur d'eau. Par exemple, à 150°, nous avons obtenu $39^{\text{atm}},4$ pour la tension du carbamate [1], la tension de l'eau à la même température est de $4^{\text{atm}},7$, la somme de ces deux valeurs, $44^{\text{atm}},1$, est nettement inférieure à la tension mesurée $55^{\text{atm}}$.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'âge des autunites du Portugal.* Note de MM. **A. Muguet** et **J. Seroix**.

Les autunites (phosphate d'uranium et de calcium cristallisé) présentent un rapport $\frac{\text{Ra}}{\text{Ur}}$ généralement inférieur à $3,40 \times 10^{-7}$, qui est celui des minerais primaires. Ce chiffre, établi par Rutherford et Boltwood, représente la quantité de radium en équilibre avec 1 d'uranium.

Ces minéraux n'étant que le résultat de l'attaque par les agents géologiques des minerais primaires d'uranium, il s'est produit, lors de cette attaque, une véritable séparation chimique. Le radium s'est insolubilisé, alors que l'uranium soluble allait se fixer autre part en reformant à nouveau du radium.

L'examen des gîtes minéraux en question donne corps à cette hypothèse; on voit, en effet, que la solution de phosphate d'urane a cheminé au travers d'une couche de granit décomposé, en déposant, dans les fissures, des cristaux isolés et parfois des croûtes cristallines plus ou moins importantes.

Il est donc possible, connaissant la quantité d'uranium et de radium contenus dans un minéral, la période du radium étant de 1750 ans environ, de calculer le temps écoulé depuis la séparation du radium et de l'uranium, c'est-à-dire depuis la formation de ce minéral.

C'est ce que nous avons fait, en établissant par des analyses très exactes le rapport $\frac{\text{Ra}}{\text{Ur}}$ dans deux échantillons moyens provenant d'une mine des environs de Guarda. Ces résultats, confirmés par de nombreux autres portant sur des milliers de tonnes de la même région, nous ont donné comme rapport

$$\frac{\text{Ra}}{\text{Ur}} = 1,42 \times 10^{-7} \quad \text{et} \quad 1,94 \times 10^{-7}.$$

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 462.

En rapportant ce chiffre à celui de $3,40 \times 10^{-7}$, on trouve, comme âge des autunites examinées, 1250 ans et 1900 ans. Les chiffres les plus forts que nous ayons feraient prévoir un âge maximum de 3000 ans, les plus faibles accusant à peine 1000 ans.

Les autunites de Portugal seraient donc de formation relativement récente et ne contiendraient actuellement que la moitié environ du radium en équilibre avec la quantité d'uranium contenu, cet équilibre demandant, pour être atteint, 15000 ans environ.

Ayant constaté les mêmes phénomènes dans des minerais de formation semblable, tels que la chalcolyte et la carnotite, nous pensons qu'il est possible de connaître de la même façon l'âge de leurs gisements.

GÉOLOGIE. — *Sur la position stratigraphique du calcaire de Montabuzard, près Orléans.* Note de M. **G. Denizot**, présentée par M. Émile Haug.

La position du calcaire de Montabuzard a été vivement controversée depuis que Cuvier en a décrit la faune de Mammifères.

La colline d'Ingré est constituée, dans sa partie supérieure (Montabuzard, Champgelin), par des calcaires, tandis que ses flancs sont revêtus de sables. M. H. Douvillé ([1]) avait supposé que ces sables passaient sous les calcaires et les supportaient vers 120m; cette hypothèse étant contredite par l'examen de nombreux puits, M. G. Dollfus ([2]) admit, comme autrefois Cuvier et Lockhart, que les sables ravinaient l'ensemble des calcaires.

Les caractères du calcaire de Montabuzard doivent être définis d'après les échantillons étudiés par Cuvier et conservés au Muséum d'Histoire naturelle. C'est un calcaire marneux blanc nullement siliceux, chargé de grains de sable identiques à ceux des sables voisins et atteignant jusqu'à 1mm, rarement plus ([3]). Au contraire, le calcaire de Beauce (*sensu lato*), inférieur aux sables d'Ingré, est jaune ou gris, avec galettes siliceuses, mais ne renferme aucun grain de sable, caractère dont l'importance est capitale.

Ainsi défini, le calcaire de Montabuzard n'occupe que la partie la plus

---

([1]) *Bull. Soc. géol. France*, 3e série, t. 9, 1881, p. 392.

([2]) *Ibid.*, t. 25, 1897, p. 405; t. 27, 1899, p. 21.

([3]) Caractère déjà indiqué par M. A. de Grossouvre, *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 122, 1909, p. 34.

haute de la colline [1], presque partout séparé des affleurements des sables par une bande large de plusieurs centaines de mètres, et laissant voir les caractères du calcaire de Beauce. Par contre, au sud du hameau de Montabuzard, le calcaire du sommet se prolonge sur un petit éperon, autour duquel affleurent les sables burdigaliens, bien datés par les restes de Mammifères typiques des sables de l'Orléanais.

Un sondage effectué en ce point (long. $0^G,5564$ W; lat. $53^G,2463$) m'a donné, de haut en bas (en centimètres):

| | |
|---|---|
| 5. Marne blanche friable, se chargeant au sommet de petits bancs du calcaire marneux à grains de sable incorporés.......... | 150 env. |
| 4. Marne blanche veinée d'argile verte, passant à : argile verte à nodules marneux.................................... | 44 |
| 3. Argile verte................................................ | 29 |
| 2. Argile sableuse (altitude : $115^m$ env.)........................ | 6 |
| 1. Sable pur jaune............................................ | » |

Cette coupe a été suivie sur $20^m$, jusqu'à une ancienne carrière; le sable y a plus de $15^m$ et aurait fourni des restes de Mammifères et du bois fossile [2]; il se montre non loin de là ravinant le calcaire de Beauce.

Au nord du sondage, le calcaire de Beauce remonte rapidement et supporte directement l'argile à nodules, puis le calcaire de Montabuzard, et cette dernière disposition se montre seule au delà; à la limite des deux calcaires, on peut voir (comme au NNE de la cote 136) une brèche où de petits débris du calcaire de Beauce sont cimentés par la pâte du calcaire de Montabuzard.

Latéralement, la base du calcaire de Montabuzard est remplacée par des argiles vertes, reposant sur du sable ou sur le calcaire de Beauce (bourg d'Ingré); ou bien les sables remontent plus haut, jusqu'à $125^m$, à Six-Levrettes, sur l'autre versant de la colline.

Ainsi le *calcaire de Beauce* (Aquitanien) est vigoureusement raviné et constitue une ancienne butte; tout autour se sont déposés en discordance les *sables de l'Orléanais* (Burdigalien), passant par une argile verte de plus en plus marneuse au *calcaire de Montabuzard ;* ce calcaire figure une grosse lentille et transgresse sur l'ancienne butte, recouvrant l'Aquitanien par l'intermédiaire d'une brèche.

Le calcaire de Montabuzard appartient donc aux marnes de l'Orléanais,

---

(1) Les anciennes carrières devaient se trouver aux lisières NE du hameau de Montabuzard; il y subsiste des vestiges très effacés, et les habitants ont conservé le souvenir d'exploitations souterraines. Altitude : $130$-$132^m$ (point culminant : $136^m$ près Champgelin).

(2) D'après les renseignements de M. Rousseau, puisatier à Ingré.

telles que les a définies M. H. Douvillé, et paraît se placer dans la partie supérieure du Burdigalien [1].

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence de formes de terrain appelées* rideaux *dans le Cantal.* Note de M. A. **Rolland**, présentée par M. Émile Haug.

Au cours d'excursions dans le Cantal, mon attention a été retenue par des ressauts de terrain dont la présence à la surface de plateaux basaltiques ne peut être expliquée par les phénomènes volcaniques ou glaciaires qui donnent, au relief de ces régions, leurs caractères morphologiques.

Le plateau de Lacapelle-Barrès, où nous les avons bien observés, a la forme d'un vaste triangle délimité à l'ouest par la vallée supérieure et moyenne de la Cère, à l'est par la vallée du Siniq, affluent immédiat de la Brome et médiat de la Truyère, au sud par le parallèle approximatif de Carlat.

L'ossature de la région est constituée par des coulées basaltiques issues vraisemblablement du puy de Banc, point culminant du plateau, et superposées à la brèche andésitique, comme c'est la règle dans tout le volcan cantalien.

Cette structure se complète par un revêtement de dépôts glaciaires, fréquents par ailleurs, et admirablement étudiés par M. Marcellin Boule. Un glacier du type norvégien a recouvert cette partie des flancs du grand volcan néogène et une topographie glaciaire s'est surimposée au relief volcanique.

Les moraines déposées ont subi des remaniements ultérieurs, soit sous l'action du ruissellement, soit par l'érosion fluviale et il est facile, en tenant compte de l'infrastructure de ce plateau, d'en expliquer le modelé à l'exclusion des ressauts qui, à la surface, offrent l'aspect de gradins plus ou moins étendus, avec escarpements brusques de plusieurs mètres de hauteur.

Ces formes de terrain ne peuvent se concevoir que par les phénomènes de glissement superficiel auxquels M. Louis Gentil a attaché la genèse des « rideaux », si fréquents dans les pays crayeux, notamment en Picardie [2].

---

(1) A moins qu'il ne faille le reporter dans l'Helvétien, comme le suggère M. Stehlin. Les conclusions de ce savant, considérant la faune de Montabuzard comme plus récente que toutes celles des sables de l'Orléanais, sont pleinement confirmées. (Voir *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 7, 1907, p. 541.)

(2) Louis Gentil : 1° *Sur la genèse des formes de terrains appelées* rideaux *en pays crayeux* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 145); 2° *Sur l'origine et les caractères morphologiques des rideaux en pays crayeux* (*Ibid.*, t. 169, 1919, p. 291); 3° *Sur le mode de formation des rideaux en pays crayeux* (*Ibid.*, t. 170, 1920, p. 891).

J'ai eu la bonne fortune de les examiner avec mon savant maître qui a reconnu leur identité avec les rideaux de la craie.

On sait qu'il attribue les ressauts de terrain des pays crayeux à des glissements superficiels de l'argile à silex rendue plastique sous l'influence de pluies suffisamment abondantes.

Les mêmes conditions sont réalisées à la surface du plateau de Lacapelle-Barrès : les boues glaciaires renferment une grande proportion d'argile préexistante ou provenant de la kaolinisation des feldspaths; de plus, on peut se rendre compte, d'après les données météorologiques de la région, que les pluies y sont très abondantes, la hauteur d'eau déversée annuellement y atteignant $1^{m},50$.

Le revêtement argileux du plateau basaltique a ainsi subi des phénomènes de glissements par décollement des dépôts morainiques rendus plastiques et écoulement lent suivant les lignes de plus grande pente.

D'ailleurs, on peut constater que ces bourrelets sont distribués, par rapport au relief général, de la même façon que les rideaux de la craie. On les voit également longer le flanc des vallées, contourner les croupes de terrain, recouper les thalwegs dans les parties hautes.

Il nous paraît intéressant de signaler l'existence de ces rideaux en dehors des pays crayeux, ainsi que l'avait pensé A. de Lapparent et ainsi que l'affirmait récemment M. Louis Gentil. Pour ce dernier, des rideaux doivent prendre naissance toutes les fois qu'un substratum assez résistant possède un revêtement argileux sous un climat suffisamment humide.

La présence de « rideaux » dans le Cantal semble bien confirmer le caractère de généralité que ce géologue avait donné à la genèse de ces curieuses formes de terrain.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Urticacées. Développement de l'embryon chez l'*Urtica pilulifera *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

On peut résumer l'histoire du développement de l'embryon sous une forme qui permette de saisir d'emblée les analogies et les différences entre deux étapes dissemblables du développement d'un même individu ou entre deux étapes semblables du développement de deux individus d'espèce différente. On peut considérer, par exemple, l'embryon au terme des quatre premières générations cellulaires, montrer la disposition que prennent les deux, quatre, huit et seize premiers éléments et indiquer, en même temps, dans ces quatre cas, quelles sont les régions du corps embryonnaire

adulte que ces éléments concourent à édifier. Ce mode de présentation, qui permet de reconnaître, d'un seul coup d'œil, les destinées des éléments proembryonnaires et, partant, les origines de toutes les parties du corps de la plante, constitue, en outre, un moyen d'établir, avec toute la précision d'une formule, une définition des différents types du développement embryonnaire.

Les régions du corps de l'embryon adulte peuvent être ainsi désignées : *pco*, partie cotylée; *phy*, partie hypocotylée; *pvt*, point végétatif de la tige; *icc*, initiales du cylindre central au sommet radiculaire; *iec*, initiales de l'écorce; *co*, coiffe; *s*, suspenseur. Prenant comme exemple l'embryon du *Senecio vulgaris*, que j'ai déjà eu l'occasion d'étudier [1], on peut, dès lors, schématiser comme suit les observations qui se rapportent aux quatre premières étapes de son développement :

I. — *Première génération.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Proembryon à deux cellules disposées en deux étages : | *ca* | qui engendre | *pco* + *pvt* |
| | *cb* | » | *phy* + *icc* + *iec* + *co* + *s*. |

II. — *Deuxième génération.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Proembryon à quatre cellules disposées en trois étages : | *q* | qui engendre | *pco* + *pvt* |
| | *m* | » | *phy* + *icc* |
| | *ci* | » | *iec* + *co* + *s*. |

III. — *Troisième génération.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Proembryon à huit cellules disposées en quatre étages : | *q* | qui engendre | *pco* + *pvt* |
| | *m* | » | *phy* + *icc* |
| | *n* | » | *iec* |
| | *n'* | » | *co* + *s*. |

IV. — *Quatrième génération.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Proembryon à seize cellules disposées en cinq étages : | *q* | qui engendre | *pco* + *pvt* |
| | *m* | » | *phy* + *icc* |
| | *n* | » | *iec* |
| | *o* | » | *co* |
| | *p* | » | *s*. |

Si l'on cherche à condenser dans un tableau analogue l'histoire des

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Composées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Senecio vulgaris *L.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 254); *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, t. 171, 1920, p. 357). Voir les figures schématiques qui accompagnent la première de ces Notes.

huit autres types embryonnaires qui ont été examinés (*Sagittaria*, *Anthericum*, *Polygonum*, *Chenopodium*, *Myosurus*, *Capsella*, *Œnothera*, *Nicotiana*), on remarque que tous ces tableaux présentent entre eux des différences très nettes, qui sont d'autant plus importantes qu'elles apparaissent plus tôt et qui peuvent servir à caractériser et à définir ces types divers de développement.

Il est maintenant assez surprenant de constater que le tableau établi pour l'*Urtica pilulifera* se trouve reproduire, d'une façon absolument identique, celui du *Senecio vulgaris*. Cela revient à dire que les lois qui régissent la succession des parois de segmentation dans les deux espèces sont exactement les mêmes, que les cellules proembryonnaires naissent et se disposent, dans les deux cas, de pareille manière et que les diverses parties du corps embryonnaire adulte ont une origine semblable.

On ne peut relever que des différences d'ordre secondaire, qui appartiennent plutôt à la morphologie qu'à l'embryogénie. Les plus notables sont : 1° la différenciation de deux assises sous-épidermiques dans la partie cotylée; 2° la formation de deux groupes superposés de quatre initiales de l'écorce au sommet radiculaire; 3° la présence d'un suspenseur composé d'une seule ou d'un tout petit nombre de cellules vésiculeuses; 4° la forme des cotylédons nettement obcordés à la base.

Modilewski [1] a examiné quelques stades du développement de l'embryon chez l'*Urtica pilulifera*; rien dans ses observations ne mérite d'être retenu [2].

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les variations de bourgeons des arbres et arbustes cultivés comme cause de décadence des variétés anciennes.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

Les variations de bourgeons amenant des transformations souvent héréditaires tiennent une grande place dans le règne végétal ainsi que l'a montré

---

(1) J. Modilewsky, *Zur Samenentwicklung einiger Urticifloren* (*Flora*, t. 98, 1908, p. 423).

(2) L'histoire détaillée du développement de l'embryon chez l'*Urtica pilulifera*, avec de nombreuses figures à l'appui, sera publiée ultérieurement dans un autre Recueil.

le premier, Charles Darwin. En 1907, P.-J.-S. Cramer a réuni en un important Ouvrage la bibliographie concernant ce sujet ([1]).

Depuis cette date, de nombreux travaux ont été publiés sur la même question. L'attention a été notamment attirée sur de nouvelles variétés améliorées provenant de variations de bourgeons sur des plantes cultivées et multipliées par voie asexuelle (division de souches) depuis des temps reculés : bananiers, cannes à sucre, pommes de terre, etc.

Nous nous proposons de montrer que la variation de bourgeon est aussi une cause de décadence des variétés améliorées multipliées depuis longtemps par voie asexuelle : division de souche, marcottage, bouturage, greffage. Ces variations apparaissent ordinairement à la suite d'accidents, ou bien par manque de soins, ou bien après le transport de l'individu loin de son pays d'origine dans des localités dont le sol, le climat, l'exposition peuvent être différents. Elles se montrent aussi fréquemment sur les très vieux individus, comme l'a signalé L. Blaringhem ([2]).

1° Les retours au type dans les variétés marginées ou panachées de blanc ou de jaune, ont été fréquemment signalés. L'une de ces variétés *Acer Negundo* L. var. *foliis argenteo variegatis* Hort. est souvent cultivée dans les parcs en France. Il est très rare que des rameaux à feuilles vertes poussent sur l'arbre comme gourmands. Au cours d'un voyage dans les pays dévastés, j'ai remarqué cet été à Saint-Quentin, à la Fère, à Noyon, que tous les Érables Negundo à feuilles argentées qui croissaient dans la zone ravagée par les projectiles et par les gaz, présentant des branches brisées ou en état de dépérissement, ont émis un grand nombre de rameaux à feuilles vertes. Un exemplaire mutilé qui croît à Noyon, au pied de la Cathédrale, est très remarquable à cet égard. En octobre dernier il portait à la fois des rameaux panachés et des rameaux à feuilles vertes entremêlés, montrant ainsi une véritable disjonction, et les deux sortes de rameaux portaient des fruits normalement développés.

2° Dans le nord-ouest de la France et sous le climat de Paris on cultive souvent, dans des caisses ou en pots, une forme de *Myrtus Communis* L. à feuilles grandes et opposées. Ses graines ne mûrissent pas sous ce climat, de

---

([1]) P.-J.-S. Cramer, *Kritische Übersicht der bekannten Fälle von Knospenvariation*, Heaalem, 1907.

([2]) L. Blaringhem, *Les complexes végétaux et leurs disjonctions par la vieillesse* (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. 32, n° 2, février 1918).

sorte qu'on multiplie la plante exclusivement par bouturage. Sur un exemplaire cultivé à Domfront (Orne), j'ai vu apparaître en 1920, provenant d'un bourgeon dormant né sur une branche principale, un rameau débile à feuilles verticillées par 3, reproduisant la variété employée dans les cérémonies israélites rituelles déjà signalée par H. de Vries.

3° Il existe à la ferme du Gué à Messei (Orne) un Cerisier Bigarreau très âgé (environ un siècle), haut d'une quinzaine de mètres, à tronc très fort greffé probablement sur merisier, bien que la soudure soit invisible. A trois mètres de hauteur, l'arbre se ramifie et forme plusieurs branches charpentières donnant toutes de beaux et bons fruits du groupe Bigarreau. Sur l'une de ces branches, après qu'elle s'est ramifiée plusieurs fois, il est né une branche de port pleureur, ramifiée en broussin, formant une grosse touffe d'aspect très spécial et donnant de petits fruits amers (mérises) sans aucun rapport avec les bigarreaux qui mûrissent sur les parties normales de l'arbre.

4° D'autres arbres fruitiers présentent fréquemment des disjonctions analogues; A.-D. Shamel en a signalé dans les orangers (¹). J'ai constaté en Normandie que diverses variétés de pommiers à cidre et de poiriers à poiré émettent souvent des gourmands plus robustes et dont les fruits diffèrent légèrement de la variété greffée. Les modifications sont parfois plus profondes. J'ai vu à Couterne un poirier à poiré de la variété « Petit Rondin », forme très peu améliorée du *Pirus Pyraster* Boreau à rameaux inermes, qui a émis sur plusieurs branches âgées des rameaux épineux fructifères.

5° Certaines anciennes variétés de pommier à cidre, multipliées depuis plusieurs siècles exclusivement par la greffe, se montrent inaltérées dans certaines localités, alors que dans d'autres elles sont en pleine décadence (moindre fertilité, moindre résistance aux maladies). De même l'olivier qui est, depuis la plus haute antiquité, multiplié par voie asexuelle (non seulement la greffe, mais aussi le porte greffe), a atteint un état de sénélité qui amène fréquemment l'apparition de broussins, véritables variations de bourgeons entraînant la décadence des variétés dégénérées physiologiquement et parfois morphologiquement.

Il apparaît nécessaire de régénérer les variétés anciennement cultivées en cherchant à les reproduire par autofécondation et semis et, dans le choix des greffes, il est nécessaire de s'assurer chaque fois que la branche sur

---

(¹) Farmers, *Citrus fruit improvement* (*Bulletin* 794, février 1917).

laquelle on prélève la greffe présente bien les caractères de la variété. Enfin, ainsi que le recommandent du reste les bons praticiens, on choisira les greffes sur des sujets jeunes et vigoureux et l'on rejettera toujours celles qui proviendraient de branches gourmandes de broussins ou de branches retombantes.

MYCOLOGIE. — *Sur de nouvelles réactions colorées utilisables pour la diagnose d'espèces mycologiques.* Note de M. J. **Barlot**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons mentionné l'existence de réactions colorées produites par la potasse en solution aqueuse sur divers champignons, en particulier sur *Amanita pantherina*, réaction pouvant être utilisée pour caractériser cette espèce. Nous avons observé des colorations nouvelles en étudiant l'action de ce même réactif sur un grand nombre d'autres espèces. Nous avons employé la potasse en solution aqueuse ou alcoolique, la concentration variant de 20 à 40 pour 100. La soude, employée dans les mêmes conditions, produit les mêmes réactions que la potasse sur les tissus des spécimens examinés.

En général, les colorations obtenues se classent dans les bruns, plus ou moins mélangés de rouge ou de noir, et ne peuvent guère être utilisées dans la diagnose des espèces; c'est par exemple ce que l'on observe avec les Bolets et les Tricholomes ([2]).

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 679.

([2]) Pour éviter autant que possible les imprécisions dans la description des couleurs, nous avons pris soin de les désigner entre parenthèses, par les numéros correspondants du *Code des Couleurs*, de Klincksieck et Valette (librairie Klincksieck, 3, rue Corneille, Paris, 1908). Dans ces conditions, les teintes indiquées dans la Note du 15 mars 1920 sont précisées comme suit :

| | |
|---|---|
| *Amanita phalloides* | 567 et 597 |
| *Amanita citrina* | 153 et 154 |
| *Amanita pantherina* | 156 |
| *Amanita junquillea* | 131 |

Les résultats abtenus avec *Amanita phalloides* sont variables avec le degré de dessiccation du champignon; quand les tissus sont imprégnés d'eau, la chaleur dégagée par la combinaison avec l'acide sulfurique provoque une désorganisation profonde accompagnée d'un brunissement plus ou moins intense.

Dans d'autres groupes, un certain nombre de cas sont intéressants.

I. Une action particulièrement remarquable est exercée sur *Mycena pura* (vénéneux) et permet de le distinguer parfaitement de la variété *Amethystina* du *Laccaria laccata* (comestible). On sait que ces deux champignons ont très souvent le même habitat, et se distinguent surtout par leurs odeurs respectives : celle du *Laccaria* est à peu près nulle, alors que celle du *Mycena* est assez forte et rappelle celle du raifort.

*Mycena pura* donne, avec une goutte de potasse, une teinte *jaune verdâtre* (201, 202), tandis que, dans les mêmes conditions, *Laccaria laccata* devient *brun noir* (64, 65); on peut en outre se rendre compte par examen microscopique de coupes, faites par exemple dans le stipe, que tous les éléments anatomiques du *Mycena* réagissent, alors que seuls les éléments vasculaires du *Laccaria* se colorent.

La réaction ci-dessus est presque instantanée, et réussit avec n'importe quel fragment de l'échantillon examiné. On peut la reproduire d'une façon très démonstrative en mélangeant des débris des deux espèces dans un verre de montre; par addition de potasse, la distinction est immédiate. Enfin elle semble spécifique, car les autres champignons de couleur violette ou améthyste se comportent, ou comme le *Laccaria laccata* (par exemple *Tricholoma nudum*) ou bien se décolorent plus ou moins (par exemple *Cortinarius purpurascens*), mais ne donnent jamais de jaune verdâtre.

II. Les deux espèces de Gomphides les plus communes, *Gomphidius glutinosus* et *Gomphidius viscidus*, se comportent très différemment vis-à-vis des bases. M. F. Bataille a déjà signalé l'action exercée par l'ammoniaque ([1]).

En employant la potasse nous avons observé un brun violet intense (578, 579) se produisant très rapidement avec *Gomphidius viscidus*, tandis que *Gomphidius glutinosus* donne du brun jaune faible (161).

Avec les autres réactifs que nous avons essayés, nous avons toujours obtenu des teintes très différentes pour les deux espèces; ainsi *Gomphidius glutinosus* ne réagit pas avec le chlorostannate d'éthyle, tandis que l'autre donne du vert bleuâtre (391).

III. Dans le groupe des Amanites, nous attirerons l'attention sur la coloration *jaune orangé* (156), que prend, dans la région épidermique du peridium, l'*Amanita junquillea*, au contact de la potasse. Cette action

([1]) *Bull. Soc. mycol. de France*, t. 28, p. 127.

semble spécifique; mais, l'emploi du chlorostannate d'éthyle que nous avons déjà préconisé reste préférable.

IV. Enfin nous avons repris l'étude de la réaction colorée du *Lactarius turpis* (*L. plumbeus*, de Quélet) indiquée en 1896 par V. Harlay (¹) et nous avons reproduit toutes les expériences indiquées par cet auteur.

Cependant il nous a été possible d'obtenir une solution aqueuse du principe colorant actif; il suffit pour cela de laisser macérer le champignon dans l'ammoniaque diluée, de filtrer, et d'évaporer au lieu de neutraliser par l'acide chlorhydrique. Le composé formé avec l'ammoniaque est détruit et il reste une substance brunâtre soluble dans l'eau chaude, d'où l'on peut la reprécipiter, mais toujours amorphe. L'acétate de plomb précipite le colorant immédiatement et intégralement. Les flocons bruns obtenus, recueillis et lavés, ne contiennent pas de plomb, et sont insolubles dans l'eau; ils constituent le corps qu'avait décrit V. Harlay; ils sont solubles en violet, ou rouge violet dans les solutions aqueuses des bases; ils se dissolvent un peu dans les acides en donnant des liqueurs colorées :

*Jaunâtre* dans l'acide *acétique ;*

*Rouge carmin* dans l'acide *nitrique ;*

*Rouge violet* dans l'acide *sulfurique.*

CYTOLOGIE. — *Sur la métachromatine et les composés tanniques des vacuoles.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par P.-A. Dangeard.

La métachromatine est une substance qui a été reconnue dans les vacuoles des Champignons, où elle donne lieu au phénomène de coloration vitale et où elle se dépose dans certaines conditions sous forme de corpuscules métachromatiques. Elle a été mise aussi en évidence chez les Algues et chez un grand nombre de Phanérogames, où elle donne lieu aux mêmes phénomènes de coloration et de précipitation. Cette substance a donc un caractère de grande généralité.

Certains auteurs, toutefois, admettent qu'il n'y a qu'un lointain rapport entre les deux substances qui donnent lieu à coloration vitale chez les Champignons et les Phanérogames. Dans ce dernier groupe, la coloration vitale serait due non pas à la métachromatine, mais à un tanroïde très

(¹) *Bull. Soc. mycol. de France*, t. 12, p. 156.

fréquent dans les cellules épidermiques; cette substance aurait de l'affinité pour le bleu de méthylène et de crésyl et les fixerait sur elle-même ([1]).

Nous croyons avoir apporté un éclaircissement à cette question, en prouvant qu'il peut y avoir coloration vitale dans des cellules très jeunes avant qu'elles ne renferment de composés tanniques et nous avons pu préciser le moment où se fait l'imprégnation du système vacuolaire par le tannin.

Il existe pendant l'hiver dans l'épiderme des jeunes feuilles d'If (*Taxus baccata*) que nous avons étudiées, deux sortes de cellules : les unes dont les vacuoles relativement grandes et bien visibles, même sans coloration, renferment toujours du tannin, comme nous nous en sommes assuré par les divers réactifs connus (sels de fer, acide osmique, bichromate de potasse, acétotungstate de soude, etc.). Elles prennent aisément la coloration vitale et se colorent en bleu par le bleu de crésyl et le bleu de méthylène, en rose framboise avec le rouge neutre.

Les cellules de la deuxième sorte sont réparties au milieu des précédentes et disposées d'une façon variable par groupes et par files, mais sont surtout nombreuses à la base de la feuille. Elles diffèrent des précédentes par l'absence complète de tannin dans leur système vacuolaire; néanmoins elles prennent très nettement la coloration vitale, comme les précédentes, avec cette particularité que la coloration est *métachromatique*, c'est-à-dire que le bleu de crésyl vire au violet ou au rouge, que le bleu de méthylène passe au violet et que le rouge neutre devient rouge orangé. Ces cellules sont donc des éléments dépourvus de tannin et qui prennent une coloration vitale métachromatique; nous les désignerons par le terme de cellules embryonnaires, pour indiquer qu'elles n'ont pas encore subi d'évolution vers une fonction sécrétrice comme les cellules à tannin. Leur système vacuolaire ou *vacuome* est toujours très ténu, non réfringent, invisible sans coloration; il se présente après teinture vitale sous l'aspect d'un réseau très délié de filaments ou sous forme de granules extrêmement fins, rappelant un peu l'apparence « chondriome » figuré dans maintes cellules animales.

Bien entendu les deux sortes de cellules épidermiques ne sont pas des catégories à évolution différente et particulière.

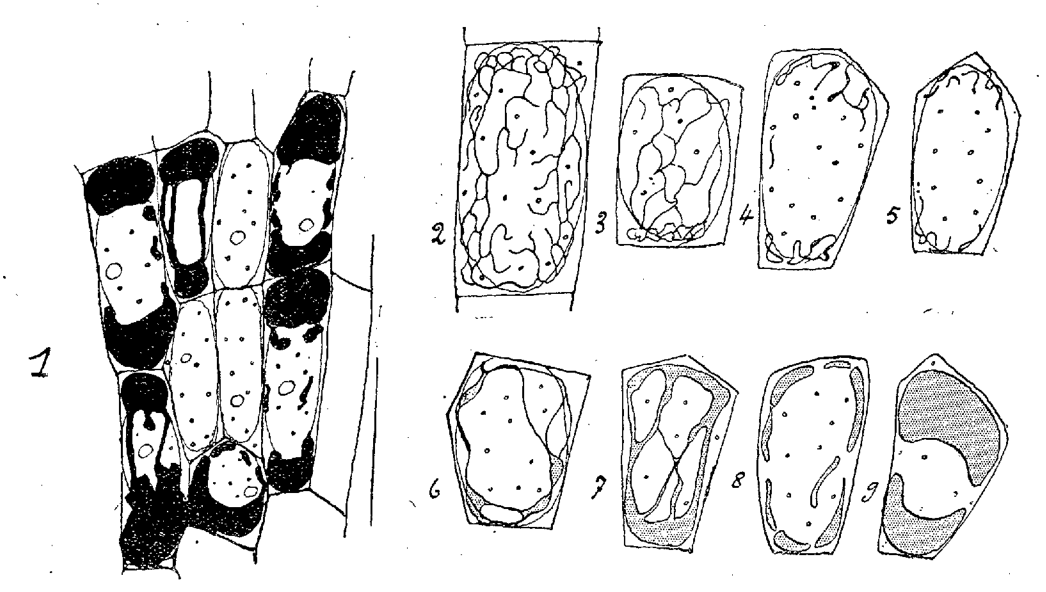
Au printemps, en effet, les cellules embryonnaires évoluent en cellules tannifères de telle sorte qu'une jeune feuille du mois d'avril possède un épiderme interne uniquement constitué de cellules à tannin.

---

([1]) GUILLERMOND, *Revue générale de Botanique*, 1919, p. 217.

Ce n'est que dans les bourgeons à vie ralentie de l'automne, de l'hiver et du premier printemps, que l'évolution de l'épiderme étant arrêtée avant d'être achevée, l'on y voit coexister des cellules à caractère embryonnaire et des cellules sécrétrices.

Plus tard, l'imprégnation par le tannin se fait rapidement. Comment se




1. Portion d'épiderme après action de l'acide osmique; trois cellules embryonnaires sont entourées de cellules tannifères. — 2, 3, 4, 5. Cellules embryonnaires après coloration vitale métachromatique montrant les formes jeunes du vacuome. — 6, 7, 8, 9. Cellules après coloration vitale montrant les formes âgées du vacuome qui se sont imprégnées de tannin. — Les petits grains figurés sont les microsomes.

forme cette substance? nous pouvons présumer qu'elle est élaborée par le cytoplasme par suite du jeu de son activité, et qu'elle est accumulée aussitôt libérée par le réseau vacuolaire qui agit comme une sorte d'éponge interne et s'imbibe par élection et osmose. Il n'y a certainement aucune raison de faire intervenir une espèce quelconque de mitochondrie ni dans la formation de la sécrétion tannique, ni dans la formation du système vacuolaire dont l'aspect lorsqu'il est jeune rappelle seulement de très près celui d'un chondriome. Ce système évolue au printemps dans sa forme en se gonflant et en se transformant en grosses vacuoles tannifères comme nous l'avons indiqué dans une Note précédente [1].

---

[1] Pierre Dangeard, *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 474.

Quant à la substance qui provoque la métachromasie dans les cellules très jeunes, il semble prouvé que ce n'est pas un tannin. Le plus simple est donc de la désigner sous le nom de *métachromatine*, terme général qui s'applique aux substances qui donnent aux vacuoles leurs propriétés osmotiques et électives.

Les faits étudiés nous semblent appeler les conclusions suivantes :

Les formes jeunes du vacuome renferment de la métachromatine à laquelle est due leur coloration vitale. Elles ont l'aspect d'un chondriome, mais s'en distinguent nettement par leur évolution; pendant toute la durée de leurs transformations, elles appartiennent à une même formation qui est le système vacuolaire. L'imprégnation par le tannin n'est qu'une étape importante de ces modifications.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'évaluation comparée de l'azote total de l'urine par les méthodes de Dumas et de Kjeldahl.* Note de M. **W. Mestrezat** et M^lle^ **Marthe Paul-Janet**, présentée par M. Haller.

La méthode de Kjeldahl, que sa simplicité fait couramment employer aujourd'hui pour les déterminations d'azote total, ne dose, cependant, qu'imparfaitement, en général, les noyaux azotés, quelle que soit la variante du procédé primitif considéré.

Au cours d'examens d'urines d'individus purgés, pour lesquels le *non dosé azoté*, défini comme la différence entre l'azote total et la somme de l'azote de l'urée, de l'ammoniaque et des bases puriques, augmente dans les jours qui suivent immédiatement cette médication ([1]), nous avons été amenés à comparer les résultats analytiques fournis par la méthode de Dumas et de Kjeldahl dans le dosage de l'azote total de l'urine.

Les chiffres obtenus sont consignés dans le Tableau suivant :

---

([1]) A. Gosset et Mestrezat, *Les effets rapprochés de la purgation sur la sécrétion urinaire, ses rapports possibles avec le choc opératoire* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 83, 17 avril 1920, p. 461); Mémoire in *Bull. et Mém. de la Soc. de Chirurgie de Paris* (*C. R. de la Soc. de Chirurgie*, séance du 24 mars 1920).

RÉSULTATS EN GRAMMES D'AZOTE PAR LITRE.

| | Urines témoins. | Urines recueillies dans les jours qui ont suivi la prise de 30g de sulfate de soude. 1re. | 2e. | 3e. | 4e. | 5e. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Ber*... (ulcère gastrique). | | | | | | |
| Dumas | " | 9,55 | 12,22 | 6,55 | " | 5,68 |
| Kjeldahl | " | 9,32 | 11,45 | 6,37 | " | 5,59 |
| Différences | " | +0,23 | + 0,77 | +0,18 | " | +0,09 |
| Différences pour 100 rapportées au Dumas | " | 2,4 | 6,2 | 2,7 | " | 1,5 |
| *Lou*... (anus iliaque). | | | | | | |
| Dumas | 4,61 | 7,37 | " | 4,31 | 5,06 | " |
| Kjeldahl | 4,38 | 7,05 | " | 3,89 | 5,04 | " |
| Différences | 0,23 | 0,32 | " | 0,42 | 0,02 | " |
| Différences pour 100 rapportées au Dumas | 4,9 | 4,3 | " | 9,7 | 0,3 | " |
| *Guég*... (tumeur blanche du genou). | | | | | | |
| Dumas | " | 9,18 | 12,15 | " | " | 6,89 |
| Kjeldahl | " | 9,04 | 11,78 | " | " | 6,72 |
| Différences | " | 0,14 | 0,37 | " | " | 0,17 |
| Différences pour 100 rapportées au Dumas | " | 1,5 | 3,0 | " | " | 2,4 |

Si l'on veut bien considérer que la technique de Fœrster, que nous avons utilisée [1], fournit des valeurs égales ou supérieures à celles que donne le procédé à l'oxalate de Denigès, généralement employé, que les essais faits en double ou en triple fournissent des chiffres superposables, que les conditions, enfin, dans lesquelles se sont effectuées nos combustions ont été soigneusement étudiées [2], les valeurs précédentes conduisent à admettre l'existence dans l'urine de composés azotés qui échappent à l'attaque sulfu-

(1) $5^{cm^3}$ d'urine + $10^{cm^3}$ d'acide sulfurique phénolé à 5 pour 100 + 1g d'hyposulfite + 1 globule de mercure. Continuer la chauffe une demi-heure après décoloration. Dosage de $NH^3$ par l'appareil d'Aubin en présence de sulfure de sodium. Virage par retour à l'alizarinate de soude.

(2) Un échantillon très pur d'urée nous a, à deux reprises, fourni les chiffres théoriques. Nous avons, de plus, éliminé par le chlorure de cuivre ammoniacal les traces d'oxyde de carbone qui auraient pu prendre naissance.

rique et dont l'azote ne peut par conséquent être dosé exactement par la méthode de Kjeldhal.

Les différences observées, moindres sur les urines témoins (urines ayant précédé la médication ou se trouvant suffisamment éloignées de celle-ci), ont atteint les chiffres de 6,2 et 9,7 pour 100 dans la période où l'organisme est sous l'effet du sulfate de soude.

Nous devons ajouter que, lorsque les différences un peu accusées se sont montrées entre les deux procédés, les combustions s'effectuaient pour ainsi dire en deux fois, le dégagement d'azote, abondant au début, se ralentissant après une demi-heure à trois quarts d'heure pour ne se poursuivre qu'à bulles espacées durant un temps assez long.

Nous nous proposons d'étendre ces recherches à d'autres cas, chez lesquels la valeur habituellement élevée du *non dosé* permet de penser que l'azote titrable au Dumas y est peut-être en quantité abondante.

Dès à présent, ce défaut de concordance des méthodes de Dumas et de Kjeldahl montre l'existence dans l'urine de produits azotés que ne dose pas la méthode de Kjeldahl habituellement employée et attire l'attention sur la nécessité qu'il y a, malgré les difficultés matérielles plus grandes que présente le dosage de l'azote par la voie sèche, à n'user que des chiffres fournis par Dumas dans l'étude des rapports urologiques ou l'établissement exact de bilans azotés à l'état pathologique.

CHIMIE TOXICOLOGIQUE. — *Sur la recherche toxicologique des toxiques bromés.* Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note précédente, nous avons indiqué à quelles conclusions nous ont conduit nos recherches sur la teneur en brome de quelques organes animaux. La méthode suivie dans cette étude a été appliquée pendant la guerre à la recherche et à la caractérisation des toxiques bromés.

Nous avons tout d'abord examiné les organes d'un grand nombre de chiens intoxiqués au moyen des différentes substances bromées, telles que bromure de benzyle, bromacétone, méthyléthylcétone, etc. Les proportions de brome trouvées étaient très supérieures à celles trouvées précédemment dans des organes de chiens normaux et atteignaient, par exemple, dans les poumons, $1^{mg}$ et même $2^{mg}$ pour $100^{g}$ d'organe, au lieu de $0^{mg},40$ trouvé normalement.

Un certain nombre de recherches furent faites sur des organes d'animaux morts par absorption de toxiques gazeux. Voici quelques chiffres :

| Animaux. | Organes. | Brome trouvé en milligrammes pour 100g d'organe. |
|---|---|---|
| Chat n° 1 | Poumons et foie................ | 0,22 |
| Chat n° 2 | Poumons et foie................ | 0,20 |
| Chat n° 3 | Poumons et foie................ | 0,22 |
| Rat | Ensemble des viscères........... | 0,16 |
| Rat | Ensemble des viscères........... | 0,14 |
| Pigeon | Poumons....................... | 0,84 |
| 2 Perdreaux | Poumons....................... | 0,85 |
| » | Plumes........................ | 0,50 |
| Cheval n° 1 | Poumons....................... | 0,14 |
| Cheval n° 2 | Poumons....................... | 0,85 |
| Ane | Poumons....................... | 0,90 |

Dans tous les cas, la présence de brome a été constatée. La proportion est élevée pour le pigeon et les perdreaux, mais les chiffres sont peu supérieurs à ceux obtenus précédemment pour des animaux morts dans des conditions normales. Pour les chats et les rats, où nous manquions d'éléments de comparaison, la proportion est faible et constante pour plusieurs animaux.

Dans tous ces cas, il n'a pu être tiré de conclusion sur l'introduction accidentelle d'un dérivé bromé dans l'organisme.

En ce qui concerne l'âne, la proportion est élevée, mais nous manquons d'éléments normaux. Pour le cheval, la faible proportion trouvée dans un cas fait penser que, dans le second, l'introduction d'un dérivé bromé dans l'organisme est possible.

Enfin le plus grand nombre de nos expériences ont été faites sur des organes humains. Ces hommes étaient morts par absorption de gaz toxiques, et nous devions rechercher si ces gaz étaient bromés. Ces organes provenaient de 367 individus. Dans tous les cas, sans aucune exception, le brome a été caractérisé, ce qui confirme nos précédentes conclusions sur la présence constante du brome dans les tissus, à côté du chlore.

Pour l'homme, les proportions moyennes sont, exception faite des fortes anomalies qui sont placées dans des tableaux spéciaux :

| | Urines | Poumons | | |
|---|---|---|---|---|
| Nombre de cas étudiés..... | 5. | 331. | 130. | 130. |
| Teneur en brome en milligrammes pour 100g d'organe............ | 0,50 | 0,167 | - | - |
| Teneur en chlore................. | - | - | 231 | - |
| Rapport brome-chlore........... | - | - | - | 0,00084 |

D'une statistique établie d'après les résultats obtenus, il ressort que les proportions limites que l'on peut considérer comme normales sont, pour les poumons, voisines des chiffres suivants :

| | |
|---|---|
| Brome en milligrammes pour 100g d'organe (sur 362 cas). | 0,30 |
| Chlore (sur 151 cas)................................. | 260 |
| Rapport brome-chlore (sur 151 cas).................... | 0,00140 |

Chacun de ces chiffres a été établi, indépendamment des autres, d'après le nombre de résultats indiqués. Ils ne constituent qu'une approximation.

Ces chiffres nous ont servi de base lorsque, dans les expertises toxicologiques, la proportion de brome trouvée était anormale, pour établir que l'intoxication par un dérivé bromé pouvait être envisagée.

La proportion de brome la plus élevée qui ait été ainsi trouvée est $1^{mg},90$ pour $100^{g}$ d'organe. Le plus fort rapport brome-chlore 0,00386.

Les chiffres relatifs au chlore peuvent fournir des indications du même ordre, en ce qui concerne l'intoxication par des dérivés chlorés, tels que l'oxychlorure de carbone, et ses dérivés, la chloropicrine, etc., désignés comme gaz suffocants. Dans ce cas, le taux du chlore peut atteindre $341^{mg}$ pour $100^{g}$ d'organe humain. Il est remarquable que, dans la plupart de ces cas anormaux, les gaz supposés, d'après les observations faites sur le front, étaient des gaz suffocants. Toutefois, l'intoxication par ces gaz étant caractérisée par de très gros œdèmes, il est difficile de dire si le chlore en excès ainsi décelé provient du gaz lui-même, ou des liquides d'œdème plus riches en chlore que les tissus pulmonaires.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Variations de la sensibilité à l'eau douce des* Convoluta, *suivant les états physiologiques et le nombre des animaux en expérience.* Note de M. **Georges Bohn** et Mme **A. Drzewina**, présentée par M. Henneguy.

Sur la plage de Concarneau vivent des *Convoluta*, caractérisées, chez des animaux soustraits au choc des vagues et maintenus au laboratoire, par un

rythme des marées [1] faible et par un phototropisme positif, intense aux heures de basse mer et plus ou moins affaibli aux heures de haute mer.

Pendant deux mois (20 juillet à 20 septembre), nous les avons observées journellement, et nous les avons soumises à divers traitements chimiques. Rien de plus instructif pour un physiologiste que l'étude de ces petits Turbellariés; ils déconcertent par la variabilité de leurs réactions, fonction d'une multitude de facteurs parfois insoupçonnés. Chez les animaux littoraux, et chez les *Convoluta* en particulier, il est souvent illusoire de rechercher un rapport *exact* de cause à effet, car l'effet n'est pas exactement le même le matin et le soir, à haute mer et à basse mer, avant et après la ponte.... Les auteurs qui ont étudié la sensibilité de l'œuf d'Oursin aux divers agents chimiques ont fini par s'apercevoir qu'elle subit des oscillations, et que, suivant les moments, elle est forte, ou faible, ou nulle; il y a un certain rythme de sensibilité. Dans le cas des *Convoluta*, et quel que soit le facteur que l'on fait intervenir expérimentalement, il est nécessaire de tenir compte des *variations de la sensibilité*.

Voici quelques résultats préliminaires de notre étude des *Convoluta*.

Lorsqu'on soumet celles-ci à l'action d'un agent nocif, la perturbation se manifeste par un changement dans l'intensité ou dans le sens du phototropisme. Une expérience frappante à cet égard est la suivante. On constitue, dans des boîtes de Pétri, 6 lots : 1° eau de mer; 2° 20 pour 100 d'eau douce; 3° 40 pour 100; 4° 60 pour 100; 5° 80 pour 100, et 6° 90 pour 100 d'eau douce. Presque instantanément, le phototropisme, positif intense dans le lot 1, s'affaiblit dans le lot 2 et plus encore dans le lot 3, devient négatif dans le lot 4, et nul dans les lots 5 et 6; dans ce dernier, d'ailleurs, les animaux sont aussitôt inhibés et ne tardent guère à se désagréger, alors que ceux du lot 5 se rétablissent plus ou moins. 24 heures après, en comparant les divers lots, on peut établir une série ininterrompue, depuis le phototropisme positif très marqué de 1 jusqu'au phototropisme négatif de 5; le renversement du signe se fait du lot 3 au lot 4. Dans tous ces cas, le phototropisme, qu'il soit positif ou négatif, est un phototropisme *actif;* autrement dit, ce n'est pas par inertie que les *Convoluta* restent à l'un des pôles du vase : lorsqu'on tourne celui-ci de 180°, les animaux reviennent du côté de la fenêtre ou du côté opposé, suivant le lot considéré.

Cependant, le changement du signe du tropisme provoqué par l'eau douce n'est que temporaire. 48 heures après, les *Convoluta* étant toujours maintenues dans les solutions précitées, le phototropisme négatif de 4 redevient positif, celui de 3 et de 2 aussi intense et même plus intense que celui des témoins.

A une variation dans un sens succède donc une variation de sens con-

---

(1) G. Bohn, *Les* Convoluta roscoffensis *et la théorie des causes actuelles* (*Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle*, 1903, p. 352).

traire, et ainsi l'équilibre physico-chimique de l'être tend à se rétablir [1].

En résumé, les *Convoluta*, après une addition d'eau douce à l'eau où elles vivaient, subissent une crise plus ou moins accentuée, dont le phototropisme avec ses oscillations est en quelque sorte le révélateur; suivant les cas, elles peuvent la franchir sans trop de dommages, ou bien subir des atteintes graves. Ce qui est intéressant pour nous, c'est que, pour une même solution d'eau douce, 75 pour 100 par exemple, la sensibilité des Vers se montre très variable.

Dans les cas les plus favorables, ils recouvrent rapidement leur aspect et leurs attitudes normales; dans les cas les plus graves, le corps subit, au bout de quelques heures, une cytolyse totale. Entre ces deux extrêmes, on observe des cytolyses partielles : le plus souvent, la partie postérieure du corps se détruit sur une longueur plus ou moins grande; parfois, c'est l'extrémité antérieure qui se désagrège; dans certains lots, il se produit une zone de cytolyse vers le tiers antérieur du corps, et une rupture s'opère à ce niveau; les animaux ayant ainsi subi des amputations ou des scissions continuent à vivre plus ou moins longtemps.

Dans nos expériences, les *Convoluta* se sont montrées particulièrement résistantes aussitôt après les grandes marées, et au contraire très sensibles avant. Il y a sans doute là plus qu'une coïncidence. Dans la nature, l'état physiologique des *Convoluta* subit des variations de quinzaine; le rythme acquis peut continuer à se manifester en dehors des causes actuelles. Nous comptons poursuivre à cet égard notre étude, qui demande un séjour prolongé au bord de la mer.

Mais, parmi les facteurs qui interviennent dans les variations de la sensibilité et dont, à notre connaissance, on n'a pas tenu compte, est celui-ci : toutes conditions égales d'ailleurs, les individus isolés sont infiniment plus sensibles que les individus groupés, comme si le fait d'être groupés constituait pour eux une protection. Le contraste est souvent saisissant. Soient deux verres de montre, dont l'un contient, dans de l'eau diluée à 75 pour 100, quelques individus, et l'autre plusieurs centaines de *Convoluta* : les premiers sont cytolysés en quelques heures, les derniers après plusieurs jours. Ce fait nous paraît avoir un haut intérêt pour la physiologie et la biologie générale.

---

(1) G. BOHN, *Quelques expériences de modification des réactions chez les animaux, suivies de considérations sur les mécanismes chimiques de l'évolution* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. 45, 1911, p. 217).

BIOLOGIE. — *Remarques biologiques sur la thermométrie des eaux atlantiques au large d'Ouessant, pendant l'été* 1920. Note de MM. **L. Joubin** et **Ed. Le Danois**, présentée par S. A. S. le Prince Albert de Monaco.

La France ayant adhéré au Conseil international pour l'exploration de la mer, l'étude d'un secteur océanographique lui a été confiée, à l'ouest de la Bretagne, jusqu'à 300 milles au large; l'Office scientifique des Pêches maritimes a été chargé de l'exécution de ce travail. Grâce à une subvention du Ministère des Affaires étrangères, le chalutier *La Perche* a effectué quatre croisières pendant l'été dernier dans ce secteur.

L'examen des documents et matériaux récoltés au cours de ces croisières par MM. Le Danois, Heldt et Freundler nous a permis de tirer de l'étude des températures de l'eau quelques indications intéressantes.

Les températures moyennes des eaux atlantiques entre les $48^e$ et $49^e$ degrés de latitude Nord étaient, pendant l'année 1920 : à la surface, de $+12^\circ$ à $+17^\circ$; à $10^m$, de $+14^\circ$ à $+16^\circ$; à $30^m$, environ $+15^\circ$; à $50^m$, $+13^\circ$ ou $+14^\circ$; à $60^m$, environ $+12^\circ$; de $60^m$ à $200^m$, environ $+11^\circ$.

Mais ces moyennes subissent d'importantes variations :

Sur une coupe orientée O-NO, allant d'Ouessant au bord du Plateau Continental, un peu au sud-ouest du banc de la Grande-Sole ($L = 49^\circ N$, $G = 11^\circ WG$), on relève la présence d'une fosse de $180^m$ à quelques milles d'Ouessant, puis le fond s'abaisse graduellement de $120^m$ à $175^m$, subit un exhaussement près du banc de la Grande-Sole et se termine par une falaise abrupte (*fig.* 1).

La fosse d'Ouessant forme une véritable *colonne liquide isotherme*, ayant dans toute sa masse une température de $+12^\circ$. Un peu en dehors de cette fosse passe un courant froid à une température de $+10^\circ,8$ qui coule sur le fond mais remonte jusque vers $60^m$. Il en résulte un refroidissement des couches intermédiaires et des eaux de surface.

Un autre courant froid très profond entre $140^m$ et $180^m$ passe en dedans du banc de la Grande-Sole à une température de $+10^\circ,7$, mais son influence sur les nappes d'eau supérieures est assez faible.

D'autre part, entre les $8^e$ et $9^e$ degrés de longitude Ouest se trouve à $50^m$ de profondeur un courant chaud à $+15^\circ$ enveloppé dans une gaine d'eau à $+14^\circ$. Cette disposition amène une succession de nappes d'eau entre $+14^\circ$ et $+16^\circ$ de la surface jusqu'à une profondeur de $90^m$ et une réduction des couches froides sur le fond.

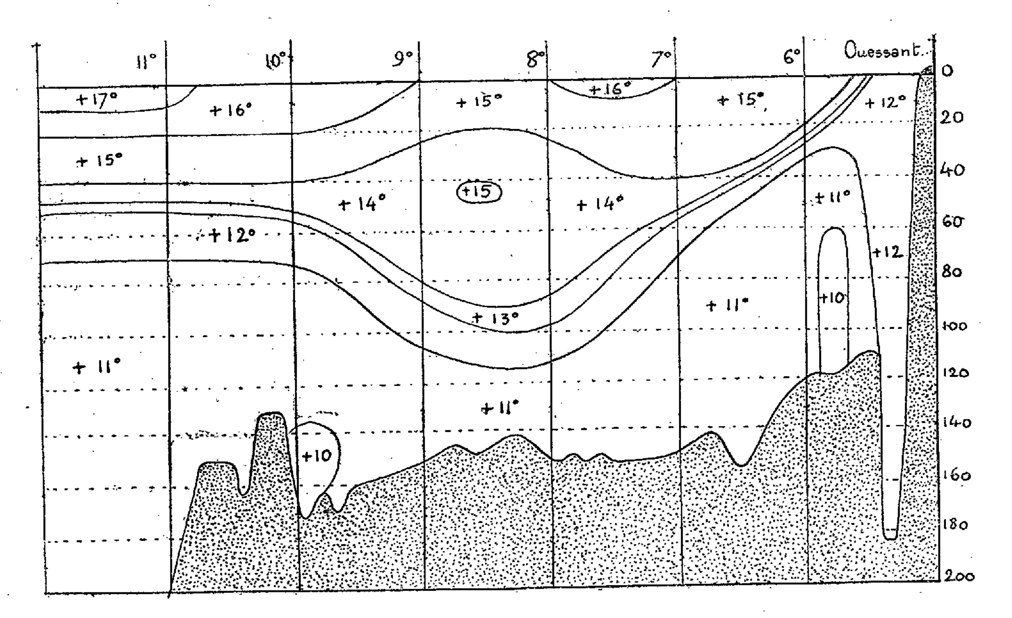

11°
10°
9°
8°
7°
6°
Ouessant.
+17°
+16°
+15°
+16°
+15°
+12°
+15°
+15
+14°
+14°
+11°
+12°
+12
+13°
+11°
+10
+11°
+11°
+10
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

Fig. 1.

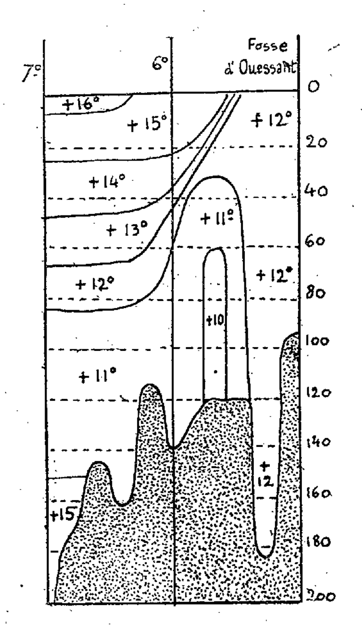

7°
6°
Fosse d'Ouessant
+16°
+15°
+12°
+14°
+13°
+11°
+12°
+12°
+10
+11°
+12
+15
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

Fig 2.

Une autre coupe orientée Sud-Ouest allant d'Ouessant au bord du plateau continental, à l'est du banc de la Chapelle ($L = 47°,30$ N; $G = 7°$ WG), nous montre, après la fosse d'Ouessant, une série de dos d'âne séparés par d'étroites vallées et un peu avant le 7° W s'escarpe la falaise du plateau continental (*fig.* 2).

Nous retrouvons la colonne liquide isothermique à + 12° de la fosse d'Ouessant et le courant froid à + 10°,8 que nous avons signalé sur l'autre courbe. On ne trouve pas de courant chaud en eau peu profonde, mais à 150$^m$, par 6°,33 WG, existe une nappe d'eau à + 15° dont nous connaissons mal les limites.

De l'examen de ces données nous pouvons déduire les faits suivants :

*La colonne liquide isotherme de la fosse d'Ouessant est le centre d'un système de nappes d'eau concentriques de température et de profondeur variables. L'une d'elles est un courant froid à* + 10°,8 *qui entoure la fosse, du côté du large entre* 60$^m$ *et le fond à une distance de* 20 *à* 30 *milles. Cette nappe d'eau produit un refroidissement sensible des couches d'eau supérieures jusqu'à la surface.*

En dehors de ces nappes nous pouvons noter la présence des deux courants chauds, l'un à 50$^m$ de profondeur, l'autre à 150$^m$, tous deux à une température de + 16° sans pouvoir actuellement établir si ces deux courants ont quelques rapports entre eux.

Il est intéressant de rapprocher de ces conditions thermiques la pénurie de sardines qui a marqué le début de la saison, au moment où étaient faites ces observations. On sait, en effet, que la température préférée des sardines varie entre + 13° et + 14°. Or, par suite de la présence du courant froid contournant la fosse d'Ouessant, les eaux superficielles dans le voisinage de la côte n'atteignaient pas cette température. On peut donc supposer que les sardines *n'ont pas atterri*, soit qu'elles soient restées au large dans les eaux à + 14° ou + 15°, soit qu'elles se soient enfoncé à proximité des courants chauds : de toute façon, elles étaient hors des atteintes des pêcheurs du Finistère.

A la même époque, les ostréiculteurs de la côte sud de Bretagne et de la Vendée ont constaté que la température des eaux était de beaucoup inférieure à la moyenne et ils ont attribué à ce fait l'absence presque complète de naissain et une mortalité extraordinaire dans les huîtres adultes. Leur opinion peut être rapprochée de l'existence de la nappe froide subcôtière que nous signalons.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Conservation ou disparition de la virulence du lait aphteux au cours des manipulations qui suivent la traite.* Note de M. **Charles Lebailly**, présentée par M. Roux.

J'ai démontré que la virulence du lait était une des manifestations les plus précoces de la fièvre aphteuse (1) et qu'elle entraînait la mort par infection suraiguë des jeunes animaux, veaux et porcs, auxquels il était distribué. Cette mortalité a atteint 100 pour 100 dans beaucoup de fermes.

Certains éleveurs m'ont fait observer qu'autrefois, dans les mêmes fermes, les épidémies de fièvre aphteuse ne donnaient pas lieu à de telles hécatombes, et ils étaient enclins à penser qu'une autre cause de contagion devait intervenir. L'objection méritait d'être prise en considération.

En poursuivant mon enquête, j'ai reconnu l'exactitude de ce fait que, jadis, les cas de mort rapide étaient beaucoup plus rares et je crois en avoir reconnu la raison.

Actuellement on distribue le petit lait au sortir des écrémeuses, alors que, jusqu'à ces dernières années, ce petit lait était recueilli après la montée de la crême. Or, celle-ci s'accompagne toujours d'un début de fermentation lactique. Dans ces conditions, le virus aphteux devait être très atténué, sinon complètement détruit. Sa fragilité bien connue de ceux qui l'utilisent dans leurs expériences est un des plus grands obstacles à l'étude de la maladie dans les laboratoires.

L'observation de la marche de l'épidémie actuelle a la valeur d'une expérience faite en grand. Dans les petites fermes où la pratique de l'écrémage mécanique n'est pas introduite, les jeunes animaux nourris avec un lait qui avait subi un début de fermentation lactique sont presque tous demeurés indemnes pendant le passage de l'épidémie, ou ont résisté à une atteinte bénigne. La centralisation du lait par les grandes laiteries, suivie de la répartition du petit lait, a eu un résultat inverse : la dissémination rapide de la fièvre aphteuse. Cette conséquence était impossible à prévoir puisqu'on ignorait la virulence du lait fourni par les animaux en incubation de fièvre aphteuse et qui paraissaient parfaitement sains.

On voit qu'il n'est pas toujours possible de prévoir quelle sera la rançon d'un progrès.

---

(1) *La virulence du lait dans la fièvre aphteuse* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 373).

M. E. **Colardeau** lit un Mémoire sur un *Projet d'utilisation industrielle des grandes sources naturelles d'énergie*. (Séance du 15 novembre 1920.)

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Commission, chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante parmi les Académiciens libres par suite de la mort de M. *Adolphe Carnot*, présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

| | |
|---|---|
| *En première ligne* . . . . . . . . . . . . . . | M. **Eugène Simon** |
| *En seconde ligne ex æquo et par ordre alphabétique* . . . . . . . . . . | MM. **Maurice de Broglie**<br>**Maurice d'Ocagne**<br>**Joseph Renaud**<br>**Albert Robin**<br>**Paul Séjourné** |

L'Académie ajoute à cette liste les noms de MM. **Jules-Louis Breton** et **Alexandre Desgrez**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures et demie.

E. P.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1920.

*Leçons de Thermodynamique et de Chimie physique*, par Th. de Donder. Première Partie : *Théorie*. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Le Chatelier.)

*Le* Felsinotherium Serresi *des sables pliocènes de Montpellier et les rameaux phylétiques des siréniens fossiles de l'ancien monde*, par Ch. Depéret et F. Roman. Extrait des *Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, 1920; 1 vol. 37cm.

Chemins de fer de l'État. Mission d'études. *De la valeur du fluorure de sodium comme antiseptique pour la conservation des traverses. Rapport de la mission d'études pour la conservation des bois*, par Henri Devaux et Bouygues. Bordeaux, 1920; 1 fasc. 31cm. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

Faculté des Sciences de Lyon. *Abri-sous-roche préhistorique de La Colombière, près Poncin (Ain)*, par Lucien Mayet et Jean Pissot. Lyon, A. Rey, 1915; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Depéret.)

*Catalogo universal de revistas de ciencias exactas, fisicas y naturales*, par Enrique Sparn. Cordoba (Republica Argentina), Academia nacional de ciencias, 1920; 1 vol. 27cm.

Ministère de l'Instruction publique. *Mission du Service géographique de l'Armée pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud*, sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences. Tome 10 : *Entomologie. Botanique*. Fasc. 2 : *Opiliones, Diptères, Myriapodes*. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 29cm.

*Les traitements arsenicaux et les traitements mixtes des arbres fruitiers*, par Paul Marchal. Extrait des *Annales des Épiphyties*. Tome 6, 1919; 1 vol. 28cm.

*Filicales et lycopodiales de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyalty*, par le Prince Roland Bonaparte. Wiesbaden, C. W. Kreidels Verlag, 1914; 1 vol. 28cm.

Université d'Alger. *Histoire naturelle des Nématodes de la Berbérie*. Première Partie : *Morphologie, développement, éthologie et affinités des Nématodes*, par L.-G. Seurat. Alger, S. Stamel, 1920; 1 vol. 23cm.

*Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco*. Fascicule 55 : *Madréporaires*, par Charles Gravier. Imprimerie de Monaco, 1920; 1 vol. 36cm. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

*Tables du mouvement képlérien*, par F. Boquet. Première Partie. Paris, Hermann, 1920; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. Andoyer.)

*Les lois scientifiques de l'éducation respiratoire*, par JULES AMAR. Paris, Dunod, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

*Souvenirs d'un infirmier militaire*, par JOSEPH DESMARES. Bayeux, Colas, 1920; 1 vol. 21cm.

*Chauffage au moyen de l'eau employée comme combustible*, par HENRI COIFFIER. Le Puy, Peyriller, Rouchon et Gamon, 1920; 1 vol. 23cm.

Ministère des Colonies. Actes de l'Institut colonial de Bordeaux. *L'étude scientifique de nos colonies*, par E. DOUBLET. Bordeaux, Institut colonial, 1920; 1 vol. 23cm.

*Les grandes découvertes maritimes du* XVe *et du* XVIe *siècle. Leur influence sur les idées philosophiques*, par E. DOUBLET. Extrait de la *Revue de Géographie de Bordeaux*, 1920; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

*Die spezifische Wärme der Gase bei konstantem Volum*, par ALOIS KONRAD. Graz und Wien, Styria, 1917; 1 fasc. 21cm.

*Les minéraux végétalisés*, par E. AUCHER. Paris, Maloine, 1920; 1 fasc. 19cm.

*Traité de mécanique rationnelle*, par PAUL APPELL; tome III : *Équilibre et mouvement des milieux continus;* tome IV : *Figures d'équilibre d'une masse liquide homogène en rotation sous l'attraction newtonienne de ses particules*. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm.

*Les transformations de la cinchonine*, par JUNGFLEISCH et E. LÉGER. Extrait des *Annales de Chimie*. Paris, Masson, 1920; 1 fasc. 22cm. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

*Principes usuels de nomographie avec application à divers problèmes concernant l'artillerie et l'aviation*, par le Lieutenant-Colonel D'OCAGNE. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Ministère des Colonies de Belgique. *Mission forestière et agricole du comte Jacques de Briey, ingénieur agronome, au Mayumbe (Congo belge)*, par E. DE WILDEMAN. Bruxelles, D. Reynaert, 1920; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. H. Lecomte.)

*La découverte de l'électromagnétisme faite en 1820 par J.-C. Œrsted*, par ABSALON LARSEN. Copenhague, Thieles, 1920; 1 fasc. 24cm.

*L'École expérimentale et bactériologique lyonnaise*, par FERNAND ARLOING. Extrait de la *Presse médicale*. Paris, Masson, 1920; 1 fasc. 21cm.

*Levantamientos y reconocimientos topográficos*, par JOSÉ DE ELOLA. Vol. I, II, III. Madrid, Rivadeneyra, 1908; 2 vol. 25cm et 2 vol. 17cm. (Présenté par M. H. Deslandres.)

*Planimetria de precision ó Estudios topográficos de Análisis Planimétrico*, par JOSÉ DE ELOLA. Vol. I et II avec Atlas. Madrid, Rivadeneyra, 1903; 3 vol. 26cm. (Présenté par M. H. Deslandres.)

#ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 NOVEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La loi des phases.*
Note de M. **Henry Le Chatelier.**

La loi des phases, découverte en 1876 par J. Willard Gibbs, vulgarisée vingt ans plus tard, en Hollande et en Allemagne par Bakhuis Roozeboom, aux États-Unis par Bancroft, et en France par moi-même, fut d'abord acceptée sans difficulté. Mais, ces dernières années, elle a été l'objet de différentes critiques auxquelles il peut être utile de répondre. Pour faciliter cette discussion, je rappellerai sommairement la démonstration de Gibbs.

Soit un système chimique composé d'un certain nombre de phases, c'est-à-dire de masses homogènes considérées, abstraction faite du volume total e de la forme de chacune de ces masses, sous la seule condition que les rayons de courbure des surfaces de séparation de ces phases soient suffisamment grands, pratiquement supérieurs à un millième de millimètre. Pour définir complètement toutes ces phases, il faut se donner la température, la pression et, plus généralement, les tensions d'énergie de chacune d'elles. Soient $p$ le nombre de ces tensions et $r$ celui des phases, cela fait $pr$ conditions distinctes. Il faut se donner ensuite la composition de chacune de ces phases, c'est-à-dire le rapport des masses des divers composés chimiques en présence dans chaque phase, moins un, à la masse de ce dernier. Si $m$ est le nombre des constituants réels de chaque phase, le nombre total des conditions de composition sera

$$(m-1)r.$$

Cela fait donc au total, pour définir complètement le système, en l'ab-

sence de tout phénomène d'équilibre, un nombre de conditions égales à

$$pr + (m - 1)r.$$

S'il existe à l'intérieur du système des phénomènes d'équilibre, ces grandeurs cessent d'être toutes isolément modifiables; chaque équilibre partiel introduit une équation de condition, qui diminue d'une unité le nombre des variables réellement indépendantes.

Dans le cas où l'on admet l'équilibre des tensions d'énergie entre toutes les phases, l'équilibre de saturation de tous les constituants entre les différentes phases et enfin l'existence d'un certain nombre de réactions chimiques réversibles $q$, le nombre des variables indépendantes est réduit de

$$p(r - 1) + m(r - 1) + q.$$

En soustrayant ce nombre de celui des conditions nécessaires pour définir l'état du système, on a la variance totale, c'est-à-dire le nombre des variables dont on peut disposer librement, malgré les liaisons exigées par les phénomènes d'équilibre :

$$V + v = m - q + p - r$$

| $V$ | $v$ | $m$ | $q$ | $p$ | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Variance finale. | Conditions initiales. | Constituants réels. | Réactions réversibles. | Tensions d'énergie. | Phases coexistantes. |

Pour faciliter la discussion, il m'a semblé avantageux de diviser la variance totale en deux parties $V + v$, $v$ représentant les variables que l'on fixe *a priori* par les conditions mêmes de l'expérience, et V les variables restées ultérieurement disponibles au cours de l'accomplissement de l'expérience même.

Toutes les difficultés d'application de la loi des phases proviennent d'erreurs sur la détermination de l'une ou l'autre des grandeurs intervenant dans cette formule.

*Phases coexistantes* ($r$). — La détermination du nombre des phases ne donne habituellement lieu à aucune difficulté théorique. On peut cependant, par distraction, oublier dans les systèmes à pression constante la disparition de la phase gazeuse. D'autre part, dans la formation des précipités, il est souvent impossible de distinguer expérimentalement les différentes phases mêlées ensemble. Un exemple bien connu est celui de la précipitation d'une solution de chlorure de calcium par la potasse. Berthollet considérait le précipité comme une masse homogène de composition variable. On admet aujourd'hui que c'est un mélange de deux phases, de la chaux hydratée et un oxychlorure de calcium. Dans ce cas,

on utilise la loi des phases, non plus pour calculer la variance, mais, au contraire, pour déterminer le nombre des phases en mesurant expérimentalement la variance. D'après les expériences de Ditte, le système est univariant, on en déduit qu'il doit y avoir dans le précipité deux phases solides.

*Tensions d'énergie* ($p$). — On les prend, généralement, égales à 2, pression et température. On a commis au début l'erreur, signalée bientôt par Bancroft, d'appliquer cette valeur 2 aux piles. En réalité, le nombre de ces tensions est alors égal à 3, en raison de l'intervention des phénomènes électriques. L'intervention des tensions superficielles, dans le cas des précipités très fins, augmente également ce nombre d'une unité. Mais alors, on ne peut appliquer la formule que si l'énergie superficielle est identique en tous les points d'une même phase, ce qui nécessite l'uniformité de diamètre de tous les grains de la matière solide. Enfin les différences de pression d'une phase à une autre, comme cela se produit dans le regel de la neige pour la formation des glaciers, augmentent aussi $p$ d'une unité. Par contre, la formule ne peut être appliquée dans le cas où il y aurait dans une même phase des variations d'énergie d'un point à l'autre; inégale répartition des températures ou des pressions, précipités ou corps poreux de diamètre variable, comme cela est le cas des colloïdes ordinaires, etc.

*Réactions réversibles* ($q$). — Il faut bien distinguer les réactions réversibles, se produisant réellement, de celles qui sont seulement possibles, mais ne se produisent pas dans les conditions envisagées. Si l'on prend, par exemple, un mélange d'eau, d'hydrogène et d'oxygène à 2000°, température à laquelle la dissociation de l'eau se produit de façon réversible, on aura $q = 1$. Au contraire, le même mélange pris au-dessous de 0° ne donnera aucune réaction chimique. Les seules transformations réversibles seront des changements d'état. Le désaccord, signalé récemment par M. Raveau (¹) entre un énoncé de M. Dubreuil et celui de Gibbs, provient de ce que le premier envisage seulement les systèmes où toutes les réactions possibles se produisent réellement.

Une erreur à éviter est de compter comme réactions distinctes des groupes de réactions dont l'une est la conséquence algébrique des autres. Cela ne donne pas de nouvelle relation entre les potentiels chimiques, par suite entre les grandeurs servant à définir l'état de chaque phase. Dans une solution de sulfate de soude, supposée renfermer du sel anhydre, du sel à

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 993.

$7H^2O$ et du sel à $10H^2O$, on peut écrire trois équations pour les échanges d'eau combinée, mais l'une dérive des deux autres par une simple soustraction; il n'y a pas lieu d'en faire état.

*Constituants réels* ($m$). — Avant tout essai de mise en œuvre de la loi des phases, il faut, par une étude chimique soignée, déterminer les corps qui existent réellement dans le système étudié. Cependant, cette connaissance exacte n'est pas nécessaire dans tous les cas; on peut souvent calculer exactement le degré de variance sans connaître la totalité des constituants réels. Soit, par exemple, l'étude de la solubilité du sulfate de soude. Nous ne savons pas si les deux hydrates et le sel anhydre coexistent dans la solution. Cela est sans importance, car si l'on ajoute un hydrate et augmente ainsi d'une unité le nombre $m$, on doit parallèlement augmenter d'une unité le nombre $q$ des réactions réversibles, car il faut tenir compte de l'équation de formation de l'hydrate, de telle sorte que la différence $m - q$ ne change pas.

Dans certains cas cependant il n'en est pas ainsi. Prenons par exemple la dissociation du carbamate d'ammoniaque, on a alors $m - q = 3 - 1 = 2$, mais il peut aussi se faire en même temps de l'urée. S'il en est ainsi, $m$ est augmentée de deux unités, pour l'urée et l'eau formées parallèlement. $q$ cependant n'est augmenté que d'une unité et la différence $m - q = 3$, de telle sorte que la variance est de ce fait augmentée aussi d'une unité.

*Conditions initiales* ($v$). — En fixant les conditions initiales des expériences, on dispose parfois d'un certain nombre des variances totales disponibles d'après la loi des phases. Souvent l'on n'y pense pas; mais même si l'on y pense, il est parfois fort difficile de se rendre compte si oui ou non ces conditions expérimentales introduisent des relations supplémentaires entre les grandeurs servant à définir l'état du système : pression, température du système, et, dans chaque phase, rapport des masses des constituants à celle de l'un d'entre eux.

C'est ce point qui de beaucoup à donné lieu aux difficultés les plus graves.

Par exemple, on décide d'opérer à pression constante, comme c'est le cas de la plupart des réactions où n'entrent pas en jeu de composés gazeux. Evidemment, dans ce cas, on diminue d'une unité les variances finalement disponibles au cours des expériences. Là il n'y a pas de difficulté.

Plus souvent, les conditions expérimentales adoptées ne fixent pas directement la grandeur d'une des variables, mais peuvent entraîner des rela-

tions nécessaires entre la grandeur de plusieurs d'entre elles. Pour le savoir dans chaque cas, il faut une étude détaillée, trop souvent négligée.

Nous étudions par exemple l'équilibre de dissociation dans une masse gazeuse renfermant à la fois de l'hydrogène, de l'oxygène et de la vapeur d'eau, en nous donnant les deux conditions expérimentales suivantes :

1° Le vase est supposé imperméable, on ne peut y introduire ou en soustraire aucune partie des corps existant au début de l'expérience : autrement dit, la masse totale des deux éléments $H^2$ et $O^2$ est supposée fixe.

2° Le volume du récipient est invariable.

Appelons $n$, $n'$, $n''$ le nombre de molécules des trois gaz et $c$, $c'$ le rapport du nombre des molécules d'hydrogène et d'oxygène à celui de la vapeur d'eau. La condition de l'invariabilité de la masse des éléments contenus dans le mélange nous donne, à chaque instant, les relations

$$n + n'' = A \quad \text{et} \quad n' + 0,5\,n'' = B,$$

ou

$$(1) \qquad (c+1)\,n'' = A \quad \text{et} \quad (c' + 0,5)\,n'' = B;$$

d'où, par élimination de $n''$,

$$(2) \qquad (c+1)B = (c' + 0,5)A,$$

ce qui donne bien une relation nécessaire entre deux des grandeurs servant à définir l'état du système. Les variations finalement disponibles de ces grandeurs sont donc réduites d'une unité. Le système, de trivariant, devient divariant.

Faisons maintenant intervenir la seconde condition initiale, celle de l'invariabilité de volume. La loi de Mariotte donne

$$(3) \qquad PV = (n + n' + n'')RT = (c + c' + 1)\,n''.RT;$$

éliminant $n''$ entre (1) et (3), il vient

$$(4) \qquad PV(c+1) = A(c + c' + 1)RT,$$

ce qui est bien une nouvelle relation entre les variables du système, qui devient alors univariant.

Il serait facile de voir, par contre, que la constance des masses ou du volume dans un système analogue comportant deux phases n'introduit pas de conditions nouvelles. De même, dans la dissociation du carbonate de chaux, le fait de partir de carbonate de chaux pur n'apporte aucune condition nouvelle.

On pourrait traiter de la même façon le cas très intéressant des doubles décompositions salines, étudié par M. Rengade [1]. Il n'y a là aucune difficulté; il faut seulement recourir à une analyse très détaillée du phénomène pour voir, dans chaque cas particulier, si le mode opératoire adopté introduit ou non de nouvelles conditions. Le résultat change, d'ailleurs, suivant l'ordre de cristallisation des sels.

*Variance finale* V. — La mesure de la variance finale se fait généralement en cherchant combien il faut se fixer de conditions ou ajouter de phases pour arriver à un système invariant. On vérifie alors qu'un changement de volume n'amène aucune variation des compositions ou des tensions d'énergie d'aucune des phases en présence.

Soit par exemple une solution de sulfate acide de mercure en présence du précipité jaune de sulfate basique. En ajoutant de l'eau pour changer le volume de la phase liquide, on constate que la composition de celle-ci change; de même en variant la température. Mais en ajoutant au système une nouvelle phase, le sel neutre cristallisé, et en fixant la température, la composition de la phase liquide ne change plus par dilution; le système est invariant. Il était donc primitivement divariant.

Autre exemple, soit du carbonate de chaux à l'état de dissociation et en équilibre avec $CO^2$ et $CaO$. On fixe la température et en changeant alors le volume, on constate que la pression de $CO^2$ ne varie pas. Le système est invariant, il était donc univariant avant la fixation de la température.

Dans ces expériences, on commet souvent l'erreur de faire subir au système un changement de volume ou changement de toute autre nature d'amplitude insuffisante pour donner une variation de composition ou de pression supérieure aux erreurs expérimentales inévitables. Voici un exemple. Prenons une solution saturée d'ammoniaque, de $1^l$ par exemple, pour fixer les idées. Elle est en contact avec une atmosphère d'ammoniac gazeux, occupant, par exemple, $100^{cm^3}$. Pour chercher la variance du système, on fixe la température et l'on fait varier le volume de la phase gazeuse, on le double, par exemple, et l'on cherche si la pression a changé. On trouve qu'il n'en est rien et l'on conclut prématurément que le système est, à température fixe, invariant, c'est-à-dire primitivement univariant. Cela est inexact, il est en fait divariant. L'erreur provient de ce que le changement de volume ne peut faire varier la pression que de $\frac{1}{10000}$. Il eût fallu employer un changement de volume cent fois plus grand.

---

[1] *Rev. gén. des Sciences*, t. 28, 1917, p. 489.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cause de l'instabilité des aciers au nickel; son élimination.* Note de M. **Ch.-Éd. Guillaume.**

Les aciers au nickel éprouvent des déformations, passagères ou progressives, très analogues à celles dont on a constaté depuis longtemps l'existence dans le verre, et qui limitent les emplois métrologiques de ces alliages, que l'anomalie de leur dilatabilité rend, par ailleurs, si précieux.

Les caractères généraux de ces changements ont été décrits dans une précédente Note [1]; mais des expériences récentes ont permis d'en établir la cause, restée jusque-là insoupçonnée, et, en conséquence, de les éliminer.

Afin de pouvoir exprimer numériquement les changements des alliages étudiés, j'ai choisi comme *indice d'instabilité* l'allongement, en microns par mètre, qu'une barre subit par une chauffe de 100 heures à 100°, succédant à un refroidissement à l'air à partir de la température de la forge (état naturel). Ce choix est purement arbitraire, mais il correspond à une expérience très facile à réaliser et à répéter dans des conditions de suffisante identité. L'instabilité sera positive dans le cas d'un allongement. Pour un invar de composition moyenne, à l'état naturel, l'instabilité a été trouvée de l'ordre de + 30.

Mes premières expériences avaient montré que l'instabilité varie avec la teneur en nickel, et j'avais cru pouvoir la décrire sans réserve sous la forme suivante : possédant sa plus grande valeur dans les alliages qui se trouvent, à la température de la première chauffe, très peu au-dessous du début de leur transformation magnétique (30 pour 100 Ni pour la chauffe à 100°), l'instabilité baisse en même temps que s'élève la teneur en nickel, s'annule vers 42 pour 100 Ni, devient négative, puis remonte progressivement pour s'annuler définitivement vers 70 pour 100 Ni. Il semblait, en outre, que l'on pût rendre un compte suffisant des phénomènes, en considérant l'établissement lent de l'équilibre dans la solution solide réciproque du fer et du nickel.

L'étude des alliages ternaires m'a conduit à modifier notablement ces énoncés.

Si, d'abord, on ajoute à l'alliage du fer et du nickel des corps tels que le

---

(1) *Sur les variations temporaires et résiduelles des aciers au nickel réversibles* (*Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 155).

manganèse ou le chrome, on voit l'instabilité diminuer. Ce résultat n'a rien qui doive surprendre *a priori*, car l'amplitude de l'anomalie diminue lorsqu'on accroît la proportion des additions de l'alliage, et il n'est pas douteux que l'anomalie et l'instabilité soient intimement liées. Cependant, on peut arriver à la stabilité complète, alors que l'anomalie est seulement réduite de moitié environ.

L'étude des alliages additionnés de carbone a permis d'établir un fait bien plus net. Mais, avant d'en exposer les résultats, il est nécessaire de donner encore une explication. Lorsque la teneur en carbone augmente, le minimum de la dilatabilité se déplace vers les faibles teneurs en nickel ([1]), et, tandis que la comparaison d'alliages de même teneur en nickel, pour des teneurs variables en carbone, ne conduit pas à des résultats comparables, en revanche, ces résultats se précisent, lorsqu'on associe les données relatives à des alliages dont la dilatabilité est voisine du minimum. Les expériences ainsi interprétées m'ont fait reconnaître, d'abord, que la présence du carbone accroît l'instabilité; mais, la détermination de l'instabilité étant d'une sensibilité extrême, il a fallu, pour obtenir, en fonction du carbone, des résultats présentant entre eux une continuité suffisante, perfectionner les procédés d'analyse, de telle sorte que la teneur en carbone pût être garantie avec une approximation de 0,01 pour 100. Les aciéries d'Imphy y sont parvenues, en appliquant avec le plus grand soin les méthodes de dosage du carbone, et en exécutant jusqu'à vingt analyses indépendantes sur des prises faites dans une même coulée. Le graphique des instabilités en fonction de la teneur en carbone est devenu alors d'une parfaite régularité, et la courbe, poursuivie du côté du carbone nul (la limite inférieure réalisée était 0,03 pour 100), s'est dirigée vers l'origine des coordonnées.

La cause de l'instabilité des aciers au nickel est donc tout entière dans la présence du carbone; et l'hypothèse qui se présente immédiatement à l'esprit est celle d'une action de la cémentite ($Fe^3C$), dont la lente transformation pourrait produire les phénomènes observés. La stabilisation des aciers au nickel serait donc liée à l'absence de cémentite. Or les alliages ferriques ne peuvent que très difficilement être obtenus exempts de carbone; mais on a la possibilité de faire, à l'alliage, l'addition d'un constituant métallique ayant pour le carbone une affinité supérieure à celle du fer, et l'empêchant de se combiner avec ce dernier. Le chrome, le tungstène, le

---

([1]) *Action des additions métallurgiques sur l'anomalie de dilatabilité des aciers au nickel* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1433).

vanadium, remplissent cette condition, et l'on devra ajouter aux aciers au nickel l'un ou l'autre de ces métaux, de façon à former un carbure saturé.

Les recherches faites dans cette direction ont conduit à un succès à peu près complet, en ce sens que l'invar très faiblement carburé et légèrement chromé, par exemple, s'est montré environ dix fois plus stable que l'invar ordinaire, lequel contenait, en moyenne, 0,1 pour 100 de carbone. Mais il restait un petit résidu indiquant que, s'il est vrai que l'hypothèse émise est exacte en principe, il se forme cependant toujours, en présence du chrome à peu près strict, une très faible proportion de cémentite, résultat conforme à la loi de l'action de masse.

La dilatabilité des alliages à peu près stables reste faible, car l'action ascendante du chrome sur la position du minimum est contre-balancée par l'action descendante due au fait que le carbone est en déficit par rapport aux alliages types. Pour arriver à la stabilité complète, il semble nécessaire d'ajouter à l'alliage une quantité surabondante du troisième métal. La dilatabilité, à moins d'un carbone extraordinairement faible, monte alors un peu au-dessus du minimum normal. Peut-être sera-t-on obligé, pour obtenir les alliages d'une stabilité absolue, de tolérer, à l'état naturel, une dilatabilité de l'ordre de $2.10^{-6}$. Il reste, pour abaisser cette dilatabilité, les procédés thermiques et mécaniques actuellement connus; je me suis assuré qu'ils agissent sur les alliages stables comme sur les alliages ordinaires, toutefois avec une action beaucoup plus faible de l'étuvage.

Les changements passagers des aciers au nickel sont régis par des coefficients en étroite relation avec l'indice défini ci-dessus, et il en est de même pour les changements lents à la température ordinaire. Les nouveaux résultats permettent donc de prévoir une extension notable de l'emploi de l'invar dans les arts de précision, et la libération à peu près complète des calculs de correction auxquels oblige, dans les mesures précises, l'emploi de l'invar moyennement carburé.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur l'*Ectocarpus Padinæ *Sauv.* Note de M. C. **Sauvageau**.

Après avoir récolté, pendant les mois de juillet et d'août 1895 et 1896, l'*Ectocarpus Padinæ* (*Giffordia* Buffh.) parasite du *Padina Pavonia*, j'ai exposé qu'il possède trois sortes d'organes pluriloculaires : des mégaspo-

ranges, des méiosporanges et des anthéridies [1]. On ne connaît pas d'autre Algue brune qui en possède autant. Les zoospores, surtout celles des mégasporanges, présentent tous les intermédiaires entre les planospores et les aplanospores; toutes germent sans fécondation, et les anthérozoïdes paraissent sans emploi. On ne connaît pas les organes uniloculaires. Les épiphytes et les endophytes qui l'accompagnent gênent la mise en culture, et je n'avais pas conservé mes cultures cellulaires plus de quatre jours.

J'en ai repris l'étude en septembre 1920; la plante présentait les caractères que j'ai décrits en 1897; toutefois, tandis que les mégasporanges étaient fréquents sur les filaments endophytes et sur les filaments dressés, je n'ai vu que très rarement les méiosporanges et les anthéridies; cette différence dépend peut-être de la saison plus tardive des observations. Mes cultures concernent donc seulement les mégaspores. Je les ai conservées pendant trois semaines; durant les quinze premiers jours (du 4 au 19 septembre), elles se sont développées avec rapidité, puis des Diatomées se multiplièrent à profusion, couvrirent les plantules d'une couche épaisse qui les tuait ou tout au moins empêchait leur croissance.

Comme je l'ai déjà fait remarquer (*loc. cit.*, p. 38), les embryospores ont le même diamètre que celles de l'*Acinetospora pusilla*, soit environ $20^{\mu}$; leur germination, prompte et générale, se continue rapide. Quelques heures après la déhiscence, la longueur du tube de germination égale ou dépasse le diamètre de l'embryospore; il se continue en filament rampant plus ou moins sinueux, bien coloré, large de $8^{\mu}$-$15^{\mu}$, et son orientation, tout au moins sur des cellules de culture bien éclairées, paraît indifférente à la direction de la lumière.

De l'embryospore ou d'une cellule rampante voisine, s'élève souvent un court filament terminé ou non par un poil court et éphémère. D'autres fois, le filament rampant s'allonge davantage et certaines de ses cellules émettent une branche rampante ou deux branches opposées; l'aspect rappelle alors celui du parasite dans le *Padina*, où il envahit d'abord les cloisons radiales, puis envoie des branches dans les cloisons périclines; toutefois, il rappelle aussi, et peut-être mieux, la ramification du thalle rampant de l'*Ac. pusilla* var. *typica* à la surface du *Corallina officinalis* [2]. Dans les

---

(1) C. SAUVAGEAU, *Observations relatives à la sexualité des Phéosporées* (*Journal de Botanique*, t. **10**, 1896, et t. **11**, 1897).

(2) C. SAUVAGEAU, *Note sur l'*Ectocarpus pusillus *Griffiths* (*Journal de Botanique*, t. 9, 1895).

cultures vigoureuses, d'assez nombreuses protubérances s'élèvent sur le filament rampant principal ou sur ses branches et s'allongent en filaments dressés, qui, dès le début, sont notablement plus larges que les cellules où ils s'insérent. La différence s'accentue quand leurs cellules, en s'allongeant, deviennent légèrement doliiformes, larges de $24^{\mu}$ à $30^{\mu}$.

Par sa division transversale, chacune de ces cellules peut concourir à l'allongement général, comme cela se présente chez l'*Ac. pusilla;* sur un filament dressé dépassant $4^{mm}$ (le plus grand que j'aie obtenu), on distinguait même nettement plusieurs zones intercalaires d'accroissement, correspondant à celles que j'ai mentionnées chez l'*Ac. pusilla* (*loc. cit.*); l'aspect et la disposition du contenu cellulaire y sont d'ailleurs les mêmes. Puis la ressemblance devient encore plus frappante par la transformation de la cellule terminale en crampon tortueux et par l'allongement latéral de certaines cellules en crampons cloisonnés. Certains filaments dressés se courbaient même en arceau pour se fixer sur la lame de verre à l'aide de crampons nés aux dépens de cellules distales. Ceci est d'autant plus remarquable que je n'ai vu aucun des filaments parasites sur le *Padina* posséder de semblables crampons. Enfin, malgré le peu de durée de mes cultures, des plantules ont fourni des mégasporanges brièvement pédicellés sur les filaments rampants, et quelques-uns s'étaient déjà vidés.

Les individus obtenus dans mes cultures ont donc une étonnante ressemblance avec l'*Ac. pusilla*, mais je n'ai pu établir une comparaison avec cette espèce vivante; en effet, la variété *typica*, abondante en mars et avril, disparaît en mai (¹), les deux variétés *riparia* et *Codii*, moins communes, se rencontrent aussi pendant la saison froide, et je n'ai vu en septembre ni l'*Helminthocladia* ni le *Nemalion* sur lesquels Thuret a trouvé la variété *Thuretii* en été.

Ces observations présentent un double intérêt.

Les mégaspores de l'*Ect. Padinæ*, espèce parasite, fournissent des plantules pouvant vivre et se reproduire en dehors de la plante hospitalière; leur facile germination le laissait déjà prévoir naguère (*loc. cit.*, p. 39); il n'est pas douteux que les méiospores se comporteraient de même; toutefois, leurs plantules seraient peut-être différentes, puisque les premiers stades de la germination sont différents (*loc. cit.*, *fig.* 10).

En outre, le *Padina* étant un hôte de durée éphémère, commun pendant

---

(¹) C. Sauvageau, *Les* Acinetospora *et la sexualité des Tiloptéridacées* (*Journal de Botanique*, t. 13, 1899).

la belle saison, une alternance de générations entre une plante d'été parasite et une plante d'hiver à vie indépendante n'est pas invraisemblable.

Si la non-motilité des zoospores caractérisait encore le genre *Acinetospora*, comme son auteur Éd. Bornet le proposait, l'*Ect. Padinæ* y rentrerait au même titre que l'*Ect. pusillus;* mais, en montrant l'inconstance de ce caractère, j'ai fait connaître chez l'*Ect. pusillus* des pseudosporanges à propagules qui justifient amplement la conservation du nom *Acinetospora* qu'Éd. Bornet lui appliquait. Pour le moment, l'*Ect. Padinæ* semble donc mieux placé parmi les *Ectocarpus*.

Il serait prématuré d'admettre que l'*Ac. pusilla* et l'*Ect. Padinæ* font partie du cycle de développement d'une même plante, d'autant plus que l'un et l'autre comptent parmi les espèces les mieux pourvues d'organes reproducteurs; on connaît, en effet, chez l'*Ac. pusilla* des organes pluriloculaires, des organes uniloculaires, des pseudosporanges, et chez l'*Ect. Padinæ* trois sortes d'organes pluriloculaires; tous les éléments qu'ils fournissent, à part les anthérozoïdes, germent sans fécondation. Si donc un phénomène d'alternance de générations existe, ses modalités diffèrent assurément de ce que j'ai étudié chez les Cutlériacées, les Laminariacées, le *Dictyosiphon fœniculaceus* et de ce qui est vraisemblable chez les Sphacélariacées sexuées à propagules (*Sph. Hystrix*, etc.). Mes observations laissent prévoir certaines relations entre ces deux espèces; elles ne permettent pas encore de les préciser.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie du Tome deuxième, fascicule 6, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction.

MM. **Hector F.-E. Jungersen** et **Eug. Warming** font hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Mindeskrift i anledning af Hundredaaret for* **Japetus Steenstrups** Fødsel.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre en remplacement de M. *Ad. Carnot*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

| | | |
|---|---|---|
| M. Albert Robin | obtient...... | 14 suffrages |
| M. Jules-Louis Breton | » ...... | 12 » |
| M. Eugène Simon | » ...... | 12 » |
| M. Maurice d'Ocagne | » ...... | 11 » |
| M. Paul Séjourné | » ...... | 6 » |
| M. Joseph Renaud | » ...... | 5 » |
| M. Maurice de Broglie | » ...... | 1 suffrage |
| M. Alexandre Desgrez | » ...... | 1 » |

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 63,

| | | |
|---|---|---|
| M. Jules-Louis Breton | obtient...... | 22 suffrages |
| M. Eugène Simon | » ...... | 14 » |
| M. Maurice d'Ocagne | » ...... | 10 » |
| M. Albert Robin | » ...... | 8 » |
| M. Paul Séjourné | » ...... | 7 » |
| M. Maurice de Broglie | » ...... | 1 suffrage |
| M. Joseph Renaud | » ...... | 1 » |

Au troisième tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

| | | |
|---|---|---|
| M. Jules-Louis Breton | obtient...... | 28 suffrages |
| M. Eugène Simon | » ...... | 17 » |
| M. Maurice d'Ocagne | » ...... | 8 » |
| M. Paul Séjourné | » ...... | 5 » |
| M. Albert Robin | » ...... | 3 » |
| M. Maurice de Broglie | » ...... | 1 suffrage |

Au quatrième tour de scrutin, réservé aux deux candidats qui ont obtenu le plus de voix dans le tour précédent, le nombre de votants étant 63,

| | | |
|---|---|---|
| M. Jules-Louis Breton | obtient...... | 36 suffrages |
| M. Eugène Simon | » ...... | 27 » |

M. **J.-L. Breton**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

M. **A. Haller** est, par la majorité des suffrages, désigné pour faire partie de la deuxième section de la *Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques*.

M. **A. Haller** est, par la majorité des suffrages, désigné pour faire partie de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*.

## PLIS CACHETÉS.

Les héritiers de M. le Dr *Étienne Lombard*, décédé, demandent l'ouverture d'un pli cacheté déposé par lui, reçu dans la séance du 15 octobre 1917 et inscrit sous le n° 8444.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Sur un ensemble de phénomènes de l'ordre expérimental et clinique permettant d'étudier l'état fonctionnel de l'appareil vestibulaire dans ses rapports avec l'équilibration organique* (600 *observations personnelles*).

(Renvoi à l'examen de la Section de Médecine et Chirurgie.)

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Utilisation des marées*, par l'amiral Amet.

MM. **H. Bourget**, **J.-J. Rey**, **Ringelmann**, le Directeur de l'**École d'Anthropologie** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

MM. **Lambling**, **E. Maubant**, **C. Nicolardot** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Hartmann** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. *Guyon*.

M. **Just Aumiot** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1919.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution de l'équation générale du cinquième degré.* Note de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. E. Goursat.

D'après le théorème de Yerrard [1] on peut, en résolvant une seule équation du troisième degré, ramener l'équation générale du cinquième degré à la forme

$$x^5 = gx + \beta, \tag{1}$$

$g$ et $\beta$ étant les coefficients. C'est une équation trinome de la forme considérée dans ma Note précédente [2]. Posons

$$\zeta = \frac{5^5}{4^4}\frac{\beta^4}{g^5}.$$

Une racine primitive de $\nu^4 = 1$ est $i = \sqrt{-1}$. Les racines $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ de l'équation (1) sont alors [3], quand $|\zeta| \leqq 1$,

$$(2)\quad \begin{cases} x_1 = g^{\frac{1}{4}}\left[\phantom{-}\, i\,F_0(\zeta) + \frac{1}{4}g^{-\frac{5}{4}}\beta\,F_1(\zeta) + \frac{5}{2^5}i\,g^{-\frac{5}{2}}\beta^2\,F_2(\zeta) - \frac{5}{2^5}g^{-\frac{15}{4}}\beta^3\,F_3(\zeta)\right], \\ x_2 = g^{\frac{1}{4}}\left[-\phantom{i}\,F_0(\zeta) + \frac{1}{4}g^{-\frac{5}{4}}\beta\,F_1(\zeta) + \frac{5}{2^5}\phantom{i}\,g^{-\frac{5}{2}}\beta^2\,F_2(\zeta) + \frac{5}{2^5}g^{-\frac{15}{4}}\beta^3\,F_3(\zeta)\right], \\ x_3 = g^{\frac{1}{4}}\left[-i\,F_0(\zeta) + \frac{1}{4}g^{-\frac{5}{4}}\beta\,F_1(\zeta) - \frac{5}{2^5}i\,g^{-\frac{5}{2}}\beta^2\,F_2(\zeta) - \frac{5}{2^5}g^{-\frac{15}{4}}\beta^3\,F_3(\zeta)\right], \\ x_4 = g^{\frac{1}{4}}\left[\phantom{-i}\,F_0(\zeta) + \frac{1}{4}g^{-\frac{5}{4}}\beta\,F_1(\zeta) - \frac{5}{2^5}\phantom{i}\,g^{-\frac{5}{2}}\beta^2\,F_2(\zeta) + \frac{5}{2^5}g^{-\frac{15}{4}}\beta^3\,F_3(\zeta)\right], \\ x_5 = -\frac{\beta}{g}F_1(\zeta). \end{cases}$$

---

[1] J.-A. Serret, *Cours d'Algèbre*, 6e édit., t. 1, p. 429.

[2] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 778.

[3] *Loc. cit.*, p. 778.

où $F_0, F_1, F_2, F_3$ sont les *fonctions hypergéométriques* supérieures

$$F_0 = F\begin{pmatrix} -\frac{1}{20}, & \frac{3}{20}, & \frac{7}{20}, & \frac{11}{20} \\ \frac{1}{4}, & \frac{2}{4}, & \frac{3}{4}, & \zeta \end{pmatrix}, \qquad F_1 = F\begin{pmatrix} \frac{1}{5}, & \frac{2}{5}, & \frac{3}{5}, & \frac{4}{5} \\ \frac{2}{4}, & \frac{3}{4}, & \frac{5}{4}, & \zeta \end{pmatrix},$$

$$F_2 = F\begin{pmatrix} \frac{9}{20}, & \frac{13}{20}, & \frac{17}{20}, & \frac{21}{20} \\ \frac{3}{4}, & \frac{5}{4}, & \frac{6}{4}, & \zeta \end{pmatrix}, \qquad F_3 = F\begin{pmatrix} \frac{7}{10}, & \frac{9}{10}, & \frac{11}{10}, & \frac{13}{10} \\ \frac{5}{4}, & \frac{6}{4}, & \frac{7}{4}, & \zeta \end{pmatrix}.$$

Si $|\zeta| > 1$ les racines de (1) sont données par

$$y_1 = \beta^{\frac{1}{5}}\left[\varepsilon\,\psi_0\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \varepsilon^2\frac{g}{5}\beta^{-\frac{4}{5}}\psi_1\left(\frac{1}{\zeta}\right) - \varepsilon^3\left(\frac{g}{5}\right)^2\beta^{-\frac{8}{5}}\psi_2\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \varepsilon^4\left(\frac{g}{5}\right)^3\beta^{-\frac{12}{5}}\psi_3\left(\frac{1}{\zeta}\right)\right],$$

$$y_2 = \beta^{\frac{1}{5}}\left[\varepsilon^2\psi_0\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \varepsilon^4\frac{g}{5}\beta^{-\frac{4}{5}}\psi_1\left(\frac{1}{\zeta}\right) - \varepsilon\left(\frac{g}{5}\right)^2\beta^{-\frac{8}{5}}\psi_2\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \varepsilon^3\left(\frac{g}{5}\right)^3\beta^{-\frac{12}{5}}\psi_3\left(\frac{1}{\zeta}\right)\right],$$

$$y_3 = \beta^{\frac{1}{5}}\left[\varepsilon^3\psi_0\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \varepsilon\frac{g}{5}\beta^{-\frac{4}{5}}\psi_1\left(\frac{1}{\zeta}\right) - \varepsilon^4\left(\frac{g}{5}\right)^2\beta^{-\frac{8}{5}}\psi_2\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \varepsilon^2\left(\frac{g}{5}\right)^3\beta^{-\frac{12}{5}}\psi_3\left(\frac{1}{\zeta}\right)\right],$$

$$y_4 = \beta^{\frac{1}{5}}\left[\varepsilon^4\psi_0\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \varepsilon^3\frac{g}{5}\beta^{-\frac{4}{5}}\psi_1\left(\frac{1}{\zeta}\right) - \varepsilon^2\left(\frac{g}{5}\right)^2\beta^{-\frac{8}{5}}\psi_2\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \varepsilon\left(\frac{g}{5}\right)^3\beta^{-\frac{12}{5}}\psi_3\left(\frac{1}{\zeta}\right)\right],$$

$$y_5 = \beta^{\frac{1}{5}}\left[\psi_0\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \frac{g}{5}\beta^{-\frac{4}{5}}\psi_1\left(\frac{1}{\zeta}\right) - \left(\frac{g}{5}\right)^2\beta^{-\frac{8}{5}}\psi_2\left(\frac{1}{\zeta}\right) + \left(\frac{g}{5}\right)^3\beta^{-\frac{12}{5}}\psi_3\left(\frac{1}{\zeta}\right)\right],$$

où $\varepsilon$ est une racine primitive de l'équation $\varepsilon^5 = 1$ et

$$\psi_0\left(\frac{1}{\zeta}\right) = F\begin{pmatrix} -\frac{1}{20}, & \frac{7}{10}, & \frac{9}{20}, & \frac{1}{5} \\ \frac{4}{5}, & \frac{3}{5}, & \frac{2}{5}, & \frac{1}{\zeta} \end{pmatrix}, \qquad \psi_1\left(\frac{1}{\zeta}\right) = F\begin{pmatrix} \frac{3}{20}, & \frac{9}{10}, & \frac{13}{20}, & \frac{2}{5} \\ \frac{6}{5}, & \frac{4}{5}, & \frac{3}{5}, & \frac{1}{\zeta} \end{pmatrix},$$

$$\psi_2\left(\frac{1}{\zeta}\right) = F\begin{pmatrix} \frac{7}{20}, & \frac{11}{20}, & \frac{17}{20}, & \frac{3}{5} \\ \frac{7}{5}, & \frac{6}{5}, & \frac{4}{5}, & \frac{1}{\zeta} \end{pmatrix}, \qquad \psi_3\left(\frac{1}{\zeta}\right) = F\begin{pmatrix} \frac{11}{20}, & \frac{13}{10}, & \frac{21}{20}, & \frac{4}{5} \\ \frac{8}{5}, & \frac{7}{5}, & \frac{6}{5}, & \frac{1}{\zeta} \end{pmatrix};$$

des formules (2) nous déduisons

$$(3)\quad \begin{cases} x_1(i\beta) = i\,x_4(\beta), & x_2(i\beta) = i\,x_1(\beta), & x_3(i\beta) = i\,x_2(\beta), & x_4(i\beta) = i\,x_3(\beta), \\ x_1(-\beta) = -x_3(\beta), & x_2(-\beta) = -x_4(\beta), & x_3(-\beta) = -x_1(\beta), & x_4(-\beta) = -x_2(\beta), \\ x_1(-i\beta) = -i\,x_2(\beta), & x_2(-i\beta) = -i\,x_3(\beta), & x_3(-i\beta) = -i\,x_4(\beta), & x_4(-i\beta) = -i\,x_1(\beta). \end{cases}$$

Les points critiques des racines sont les valeurs de $\beta$ déterminées par

l'équation $\zeta = 1$. Désignons par

$$\beta_1 = -i^4 c^5, \qquad \beta_2 = 4c^5, \qquad \beta_3 = i4c^5, \qquad \beta_4 = -4c^5, \qquad c = \left(\frac{g}{5}\right)^{\frac{1}{4}}$$

ces racines. On peut alors démontrer que

(4) $$x_1 \xrightarrow{\beta_1} x_5, \quad x_2 \xrightarrow{\beta_2} x_5, \quad x_3 \xrightarrow{\beta_3} x_5, \quad x_4 \xrightarrow{\beta_4} x_5,$$

en désignant par le premier symbole, par exemple, que $x_1$ se change en $x_5$ quand $\beta$ décrit un contour fermé autour de $\beta_1$.

Autour du point $\beta_2$ nous traçons un cercle $c_2$ de rayon $\rho$ très petit. Soit $\varphi$ l'argument de $\beta_2$. Une ligne droite issue de $\beta = 0$ et passant par le point $\beta_2$ coupe le cercle en deux points

$$k_1 = \beta_2 - \rho e^{i\varphi}, \qquad k_2 = \beta_2 + \rho e^{i\varphi}.$$

Nous dirons que le cercle $c_2$ est parcouru dans le sens positif quand on a l'aire du cercle à gauche, et dans le sens négatif quand on a l'aire à droite.

Désignons par $d_1$ la partie de $c_2$ parcourue de $k_1$ à $k_2$ dans le sens positif et par $d_2$ l'autre partie du cercle parcourue de $k_1$ à $k_2$ dans le sens négatif. Nous pouvons alors démontrer :

(6) $$x_1 \to y_1, \quad x_2 \to y_3, \quad x_3 \to y_4, \quad x_4 \to y_5, \quad x_5 \to y_2$$

quand $\beta$ décrit le demi-cercle $d_1$ du point $k_1$ au point $k_2$ et

(7) $$x_1 \to y_1, \quad x_2 \to y_2, \quad x_3 \to y_4, \quad x_4 \to y_5, \quad x_5 \to y_3$$

quand $\beta$ décrit le demi-cercle $d_2$ du point $k_1$ au point $k_2$.

Les formules (3), (4), (6) et (7) nous permettront de trouver la variation d'une quelconque des racines de l'équation (1) quand $\beta$ décrit un contour quelconque.

L'équation générale du cinquième degré est donc complètement résolue d'une manière simple par certaines fonctions hypergéométriques supérieures.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Application imaginaire de deux surfaces réelles ou imaginaires. Systèmes cycliques ou systèmes triples orthogonaux réels correspondants.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. J'ai étudié aux *Comptes rendus* (1919 et 1920) et au *Bulletin des Sciences mathématiques* (1920) l'application de deux surfaces réelles S et S′ dans le

cas où tout point *réel* d'une fraction ou même la totalité de S a pour homologue un point *imaginaire* de S'. J'ai montré les conséquences curieuses qui en résultent, au point de vue *réel*, pour la configuration de S' (ou même de S). L'application de surfaces imaginaires sur certaines surfaces réelles a déjà fait l'objet de divers travaux en Italie ou en France : je citerai les noms de MM. Baroni, Goursat et Drach ; une partie de ces travaux se rattache aux résultats de Weingarten.

Dans ces travaux ou les divers ouvrages qui citent cette application imaginaire, ce mode de correspondance semble signalé plutôt à titre de curiosité; pourtant, même en se plaçant uniquement au point de vue du problème de la déformation, j'ai obtenu des résultats *positifs* dans le domaine *réel*. Or, conséquence encore plus curieuse, la solution en *éléments réels* d'une série de problèmes éloignés, en apparence, de celui de la déformation, dont l'énoncé est donné antérieurement aux recherches sur la déformation imaginaire, exige la connaissance de deux surfaces applicables S et S' dont l'une S est réelle et dont l'autre S' est, soit tout entière imaginaire, soit réelle : dans ce dernier cas on ne doit conserver que les portions réelles de S ayant une homologue imaginaire sur S'.

J'en ai parlé déjà à l'occasion des problèmes connexes à la déformation des quadriques, étudiés par MM. Guichard, Bianchi et Thybaut sans oublier notre maître illustre Darboux. Je vais donner un autre exemple frappant : il s'agira de trouver un système cyclique *réel* et le système triple orthogonal réel qui en dérive.

2. Pour traiter ce problème deux méthodes se présentent : l'une directe, qui a donné des exemples effectifs, et une seconde, en apparence détournée, amorcée par Darboux [1]. Elle revient à trouver six fonctions réelles $x_1$, $x_2$, $x_3$, $x_4$, $x_5$, $x_6$ de deux arguments réels $u$ et $v$ satisfaisant à l'identité

$$(1)\qquad dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2 - dx_5^2 - dx_6^2 = 0.$$

En coordonnées rectangulaires le point $(ix_1, x_5, x_6)$ engendre une nappe imaginaire de surface $\Theta_1$ ; accidentellement $\Theta_1$ pourra admettre des nappes réelles, qui n'interviendront pas pour la suite. Le point $(x_2, x_3, x_4)$ engendre une surface réelle $\Theta'_1$. Si $\Theta_1$ roule sans glissement sur $\Theta'_1$, tout point invariablement lié à $\Theta_1$, dont les coordonnées par rapport au trièdre réel lié à $\Theta_1$ sont $(i\lambda, \mu, \nu)$, où $\lambda$, $\mu$, $\nu$ sont trois constantes réelles, engendre par la construction de Darboux un système cyclique réel. Il est évident que les

[1] Darboux, *Théorie des surfaces*, t. 4, n° 969, p. 162.

surfaces $\Theta_2(ix_2, x_5, x_6)$ et $\Theta'_2(x_1, x_3, x_4)$ fournissent, sans nouveau calcul, une nouvelle solution. Le procédé fournit encore deux autres couples $\Theta_3$ et $\Theta'_3$, $\Theta_4$ et $\Theta'_4$.

Dans chacun de ces systèmes, les surfaces $\Sigma$ trajectoires orthogonales des cercles s'obtiennent sans quadrature; une infinité sont réelles, et si nous déterminons sur l'une de celles-là les lignes de courbure, *réelles*, les cercles du système cyclique qui rencontrent une même ligne de courbure donnent une surface enveloppe de sphères : nous obtenons ainsi deux familles de surfaces qui, jointes aux surfaces $\Sigma$, forment un système triple orthogonal *réel*. S'il s'agit du système $(\Theta_1, \Theta'_1)$, nous avons en même temps déterminé le système conjugué commun à $\Theta_1$ et $\Theta'_1$ : ce système est donc réel sur $\Theta'_1$. Nous connaissons donc, en prenant pour $u$ et $v$ les paramètres de ce système conjugué, une équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} + A(u, v)\frac{\partial \theta}{\partial u} + B(u, v)\frac{\partial \theta}{\partial v} = 0 \tag{2}$$

admettant pour solutions $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ et, suivant la remarque de M. Kœnigs, encore $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 - x_5^2 - x_6^2$. Il devient alors évident que $\Theta_2$ et $\Theta'_2$, ou $\Theta_3$ et $\Theta'_3$, ou encore $\Theta_4$ et $\Theta'_4$ sont en même temps rapportés à leur système conjugué et que la connaissance *effective* du premier système triple orthogonal fournit, sans nouveau calcul, les trois systèmes analogues.

3. La surface $\overline{\Theta_1}(-ix_1, x_5, x_6)$ substituée à $\Theta_1$ donne exactement les mêmes systèmes cycliques ou orthogonaux; si $\Theta_1$ et $\overline{\Theta_1}$ sont analytiquement distinctes, elles sont toutes deux complètement imaginaires; $\Theta_1$ et $\overline{\Theta_1}$ peuvent se confondre analytiquement, mais néanmoins ne définir qu'une surface imaginaire, mais *réelle au sens de M. Goursat*. Si $\Theta_1$ et $\overline{\Theta_1}$ ne sont pas analytiquement distinctes et sont portions d'une surface réelle au sens vulgaire, cette surface admet un plan de symétrie : il existe sur $\Theta'_1$, surface réelle, des points réels ayant un homologue imaginaire sur $\Theta_1$; si ces points remplissent toute l'étendue réelle de $\Theta'_1$, rien à ajouter pour $\Theta_1$, mais dans le cas contraire il faudra ou bien que $\Theta'_1$ se décompose en plusieurs nappes réelles ou bien que $\Theta_1$ soit touchée par son plan de symétrie tout le long d'une arête de rebroussement réelle. J'ai donné des exemples nombreux où $\Theta_1$ est réelle; or, en général, si $\Theta_1$ est réelle, $\Theta_2$, $\Theta_3$ et $\Theta_4$ sont imaginaires.

4. Un exemple intéressant est offert par la développée de la surface

minima d'Enneper :

$$(3)\qquad \begin{cases} X = 6\alpha + 6\alpha\beta^2 + 2\alpha^3, \\ Y = -4\beta^3, \\ Z = \frac{3}{2}(\alpha^2+\beta^2)^2 + 3\alpha^2 - 3\beta^2 - \frac{3}{2}. \end{cases}$$

Elle admet une infinité d'auto-applications

$$(4)\qquad \alpha = \alpha_1 + C, \qquad \alpha^2 + \beta^2 = \alpha_1^2 + \beta_1^2,$$

où C est une constante arbitraire. Fixant C on conservera $\beta$ et $\beta_1$ pour paramètres; on a

$$(5)\qquad \alpha = \frac{\beta_1^2 - \beta^2 + C^2}{2C}, \qquad \alpha_1 = \frac{\beta_1^2 - \beta^2 - C^2}{2C},$$

et en donnant à $\beta_1$ une valeur réelle, à $\beta$ une valeur imaginaire pure on aura le droit de prendre

$$x_1 = -iY, \qquad x_2 = X_1, \qquad x_3 = Y_1, \qquad x_4 = Z_1, \qquad x_5 = X, \qquad x_6 = Z.$$

Il se trouve ici que, quel que soit C, le système conjugué commun est défini par $\sqrt{\alpha^2+\beta^2} - \alpha = C_1$, où $C_1$ est une nouvelle constante; donc ici les quatre systèmes triples sont eux-mêmes algébriques; les surfaces $\Theta_2$ et $\Theta_4$ sont tout entières imaginaires; $\Theta_1$ et $\Theta_3$ sont réelles.

J'ai étudié aux *Comptes rendus* et aux *Nouvelles Annales* des surfaces de translation applicables avec conservation du réseau conjugué; ici encore tout est algébrique si ces surfaces sont algébriques; si les coniques homofocales sphériques qui entrent en jeu sont sécantes, on obtient même d'un coup, non plus 4, mais 32 systèmes cycliques ou triples réels.

Les surfaces applicables sur le paraboloïde donnent aussi une solution, à condition de faire rouler le paraboloïde sur la surface qui ne le recouvre pas physiquement.

PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle propriété des corps faiblement conducteurs de l'électricité.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. G. Lippmann.

Au cours d'expériences où j'avais disposé dans la chambre noire une plaque photographique enveloppée de papier noir, deux points de l'enveloppe se sont trouvés accidentellement en contact avec des conducteurs

entre lesquels il y avait une différence de potentiel de 1000 volts. A ma grande surprise, au développement, la plaque s'est révélée fortement impressionnée.

I. L'expérience est très facile à répéter : une plaque photographique (Lumière marque Sigma) est placée dans une boîte dont le couvercle laisse passer deux électrodes isolées à l'ébonite; sur la plaque est posée une feuille de papier (papier noir servant d'enveloppe aux plaques livrées par le commerce), sur cette dernière appuient deux électrodes présentant entre elles une différence de potentiel d'environ 1000 volts.

Après une pose variant de 24 à 48 heures et après développement, on voit sur le cliché que les fibres du papier sont reproduites et que les lignes équipotentielles sont grossièrement dessinées. L'impression est caractéristique de la feuille employée; les papiers à grains donnent une impression granuleuse qui laisse apercevoir moins facilement les lignes équipotentielles.

Il m'a paru utile d'entreprendre l'étude de cet effet d'apparence très complexe. J'indiquerai ici les conclusions auxquelles je suis arrivé en essayant de préciser les conditions que doit remplir un corps conducteur pour se comporter d'une manière analogue à celle de la feuille de papier de l'expérience précédente; je ne m'occuperai donc pas pour le moment de la cause (rayonnement ou simple action de contact de gaz dégagés) qui produit l'impression photographique. Bien entendu, il ne s'agit point ici, comme il est facile de s'en assurer par l'expérience, d'étincelles ou d'aigrettes lumineuses au sens ordinaire du mot.

II. L'effet n'est pas dû à l'action d'un courant dérivé sur l'émulsion formant la couche sensible de la plaque, car si l'on supprime la feuille de papier, l'impression photographique reste localisée au voisinage des électrodes. Il n'est pas dû non plus à une simple action mécanique, ni à la seule présence de la feuille de papier, car la suppression de la différence de potentiel entre les électrodes le fait disparaître.

Le passage du courant dans la feuille de papier est indispensable à la production de l'effet : si l'on coupe la feuille et que l'on en sépare nettement les deux morceaux, tout en laissant chacun d'eux en communication avec un pôle de la batterie, la plaque n'est pas impressionnée, sauf au voisinage des électrodes.

Si l'on augmente la conductibilité de la feuille en la mouillant, puis la laissant sécher à l'air libre, l'impression sur la plaque est très forte; si, au contraire, on dessèche la feuille, l'effet disparaît presque complètement et reste confiné au voisinage des électrodes.

Il est nécessaire que le corps soit conducteur, mais qu'il le soit faiblement : si l'on remplace la feuille de papier par une lame métallique parcourue par un courant, il ne se produit, dans des conditions identiques, aucune impression photographique.

Pour qu'un corps se comporte comme la feuille de papier de notre expérience, il est donc indispensable qu'il soit *conducteur* et qu'il le soit *faiblement;* mais cette condition ne suffit pas et si l'on prend des corps faiblement conducteurs comme le bois, la fibre, le mica ou le quartz, l'action sur la plaque est nulle ou reste confinée au voisinage des électrodes.

III. Quand on examine attentivement les résultats obtenus avec des feuilles de papier, on s'aperçoit que les fibres ou les grains du papier sont reproduits sur le cliché. La constitution physique du papier joue donc un rôle essentiel: d'une manière générale, l'effet est plus net avec les papiers à gros grains ou à grosses fibres qu'avec les papiers à grains fins; avec du papier glacé notamment, l'effet disparaît, sauf au voisinage des électrodes.

La persistance de l'effet au voisinage des électrodes et l'importance du rôle joué par les fibres amènent naturellement à penser que l'effet est lié à l'hétérogénéité du conducteur. Si l'on provoque cette hétérogénéité en faisant des incisions superficielles sur la feuille de papier, on constate que la plaque est fortement impressionnée dans le voisinage de ces incisions.

Nous sommes donc amené aux conclusions suivantes : Pour que l'action sur la plaque se produise, il faut que le corps employé soit faiblement conducteur et qu'il soit *hétérogène ou présente des discontinuités superficielles*.

IV. Si ces conclusions sont exactes, nous avons le moyen de provoquer à volonté l'apparition de l'effet ou d'en augmenter l'intensité, soit en prenant un corps de constitution hétérogène et en le rendant faiblement conducteur, soit en rendant hétérogène un corps de faible conductibilité.

Prenons, par exemple, une feuille de papier filtre ou de papier joseph qui, dans les conditions ordinaires, donne seulement une impression dans le voisinage des électrodes; augmentons sa conductibilité en la plongeant dans une solution très étendue de potasse, d'acide sulfurique ou d'azotate d'argent. Après l'avoir laissé sécher, mettons-la en expérience; nous constaterons que la plaque photographique est impressionnée. Bien entendu, si la solution utilisée est trop concentrée, la conductibilité de la feuille devient telle que, pour des différences de potentiel de plusieurs centaines de volts, il se produit des aigrettes ou de petites étincelles aux points de

contact avec les électrodes; ces manifestations lumineuses ôtent alors toute signification à l'expérience.

Prenons, au contraire, une feuille de papier glacé qui, dans les conditions habituelles, ne donne d'impression que dans le voisinage des électrodes; faisons sur cette feuille des incisions superficielles. L'expérience montre que la plaque est impressionnée dans le voisinage des points où l'on a fait ces incisions. La même expérience peut être faite avec des corps faiblement conducteurs comme le celluloïd, la fibre, le bois, le verre, le mica ou le quartz; pour ces trois derniers corps, elle peut cependant être interprétée d'une manière différente.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur le dichroïsme électrique des fumées et le dichroïsme des réseaux de diffraction.* Note de M. **St. Procopiu**, présentée par M. Lippmann.

Si de la fumée de chlorhydrate d'ammoniaque, placée dans un champ électrique, est traversée normalement au champ par de la lumière monochromatique, polarisée à 45° des lignes de force, le plan de polarisation tourne dans un sens tel, que le vecteur électrique de Fresnel se rapproche de la normale à la direction du champ; cela tient à ce que l'absorption (ou la modification) est plus grande suivant la direction des lignes de force. Cette rotation du plan de polarisation, qui ne dépend pas du sens du champ, mesure le dichroïsme positif. Dans une Note antérieure [1], j'ai montré que le dichroïsme et la biréfringence électrique de ces fumées ont une évolution différente, ce qui peut être attribué au fait que le dichroïsme dépend de la grosseur des particules.

Voici quelques expériences nouvelles qui montrent qu'un dichroïsme se rattache à la diffraction des particules :

1. La fumée introduite dans le condensateur ne manifeste pas immédiatement le dichroïsme, lequel atteint son maximum après un temps variable avec la lumière employée : 90 secondes pour $\lambda = 0^{\mu},65$ et 55 secondes pour $\lambda = 0^{\mu},55$, comme moyennes de plusieurs expériences. Au bout d'environ 50 minutes, le dichroïsme électrique disparaît.

Il est possible que certaines particules des fumées s'agrandissent aux dépens des plus petites, par une sorte d'évaporation en vertu des forces

---

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1445.

capillaires [1]. Si le dichroïsme dépend de la grosseur de ces particules, l'effet maximum, pour des longueurs d'onde différentes, aura lieu à des moments différents de l'évolution de la fumée. L'ordre de grandeur de ces particules peut être calculé par la formule de Stokes, d'après le temps de disparition du phénomène (50 minutes) et la hauteur de chute ($10^{cm},5$); ceci conduit à un rayon de la particule d'environ $0^{\mu},4$.

2. Il y a des fumées qui possèdent le dichroïsme, sans présenter aucune trace de biréfringence. Ainsi la fumée d'essence de térébenthine et la fumée provenant de la combustion du magnésium montrent un dichroïsme positif d'environ un demi-degré pour un potentiel de 2500 volts. Les fumées de tabac, d'anhydride phosphorique, les vapeurs d'iode, de naphtaline n'ont rien donné.

Mais le phénomène le plus intense s'obtient avec les fumées de cire blanche chauffée, qui possèdent également une biréfringence électrique négative.

Voici quelques valeurs moyennes du dichroïsme $\delta$ et de la biréfringence $\beta$ pour la radiation verte ($0^{\mu},55$) (distance des plateaux du condenteur, $2^{cm},6$) :

| V (volts)... | 500. | 1000. | 2500. | 5000. | 8000. |
|---|---|---|---|---|---|
| $\delta_v$......... | 0°,3 | 0°,7 | 0°,9 | 1°,5 | 1°,7 |
| $\beta_v$......... | 0,7 | 1,0 | 1,6 | 2,2 | 2,7 |

Pour la lumière rouge ($0^{\mu},65$), les valeurs sont d'environ 1,4 fois pour la biréfringence, et de 1,7 fois pour le dichroïsme, plus petites, comme dans les cas des fumées de chlorhydrate.

Ces fumées, qui possèdent une activité électro-optique, observées au microscope, se sont trouvées avoir un aspect filiforme [2]. Ainsi donc, le dichroïsme électrique se produit lorsque les particules en suspension dans l'air sont douées d'une forme dissymétrique. On peut donc se demander dans quelle mesure la structure cristalline est nécessaire pour que le dichroïsme se manifeste, dans le cas des liqueurs mixtes, dans les expériences de Chaudier [3].

3. Si le dichroïsme est dû à l'arrangement en lignes des particules dans le champ électrique, le même phénomène doit se présenter naturellement dans un réseau de diffraction; c'est ce que l'expérience confirme.

---

(1) LIPPMANN, *Journal de Physique*, t. 1, 1911, p. 261.
(2) EHRENHAFT, *Annalen der Physik*, t. 56, 1918, p. 56.
(3) CHAUDIER, *Journal de Physique*, t. 8, 1909, p. 422.

Si la lumière incidente, normale au réseau, est polarisée à 45° des traits du réseau, le plan de polarisation de la lumière non diffractée est tourné de telle manière que la vibration se rapproche de la normale à la direction des traits (dichroïsme positif), tandis que, si elle est polarisée, parallèle ou perpendiculaire aux traits, on ne constate aucune rotation.

Trois réseaux moulés de Rowland, à 570 traits par millimètre, de provenances différentes, ont donné des rotations de 64′, 42′ et 20′, indépendantes de la longueur d'onde. Les réseaux avaient un aspect laiteux. D'autres réseaux, à aspect complètement transparent, ont donné des valeurs de l'ordre des erreurs de mesure (ces réseaux donnaient aussi des spectres très peu intenses).

On sait d'ailleurs, depuis Fizeau (1861), que la lumière non diffractée par un réseau est polarisée; les expériences de Stokes et Gouy se rapportent à la lumière diffractée (spectres).

4. Il existe une théorie, due à Cl. Schæfer [1], sur l'absorption des ondes électromagnétiques par les réseaux constitués par des fils diélectriques. Il trouve que la différence des intensités dans la direction des fils et la direction normale est inversement proportionnelle à la troisième puissance de la longueur d'onde. Or la rotation du plan de polarisation est proportionnelle à la différence de ces intensités [2], donc on doit avoir, pour des rotations petites, la relation

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^3,$$

dans laquelle $\rho_1$ et $\rho_2$ sont les rotations pour les longueurs d'onde $\lambda_1$ et $\lambda_2$.

Dans le Tableau suivant figurent les valeurs des rotations dans le cas des fumées de chlorhydrate d'ammoniaque pour un potentiel de 4000 volts et pour diverses longueurs d'onde; les expériences étaient rendues comparables en maintenant constantes les vitesses des gaz par des manomètres genre Töpler :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda$ | 0$^\mu$,65 | | 0$^\mu$,578 | | 0$^\mu$,546 | | 0$^\mu$,436 |
| $\rho$ | 1°,3 | | 1°,8 | | 2°,2 | | 3°,9 |
| $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ obs. | | 1,38 | | 1,22 | | 1,80 | |
| $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ calc. $\left(\text{d'après } \frac{\lambda_1^3}{\lambda_2^3}\right)$ | | 1,40 | | 1,19 | | 1,95 | |
| Différences pour 100 | | −1,4 | | +2,6 | | −8 | |

---

[1] Cl. Schæfer, *Annalen der Physik*, t. 23, 1907, p. 163.

[2] $\sin 2\rho = \frac{v^2 - h^2}{v^2 + h^2}$, $v^2$ et $h^2$ étant les intensités d'après les deux directions.

Dans la limite des erreurs de mesure, la théorie est en accord avec la dispersion du dichroïsme électrique. Pourtant dans le cas des réseaux de diffraction je n'ai pas trouvé de dispersion; c'est peut-être à cause de la grosseur des traits et des particules qui les constituent.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution des paramolybdates.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

Depuis que Delafontaine ([1]) a montré que la composition du molybdate d'ammoniaque ordinaire et des sels correspondants de Na et K se laisse exprimer par la formule générale $3R^2O, 7MoO^3 + n$aq. on range ces sels, sous le nom de *paramolybdates*, dans un groupe à part, bien distinct des ortho et métamolybdates. Ces derniers sont considérés comme *dibasiques*, formés qu'ils sont par condensation de l'acide molybdique $MoO^2(OH)^2$. Les paramolybdates, par contre, sont nettement *hexabasiques*. Comme ils prennent naissance dans les mêmes conditions que les sels méta, on a de la peine à concevoir l'origine de cette particularité.

Blomstrand proposa pour les paramolybdates la composition

$$Mo^{VI}(OMoO^2OR)^6.$$

Copaux la formule $R^6[MoO^3(Mo^2O^7)^3]$, ces deux expressions dérivant d'un acide molybdique hexavalent $Mo(OH)^6$, inconnu par ailleurs. Mais si cet acide est capable d'exister en combinaison avec l'acide orthomolybdique ou ses anhydrides, on est surpris de constater qu'il ne se manifeste que sous la forme heptamolybdique spéciale aux paramolybdates.

Deux suppositions paraissent également plausibles : ou les paramolybdates ne possèdent pas une individualité propre et ne représentent que des métamolybdates mixtes, comme l'avaient admis déjà en 1848 Svanberg et Struve, et plus récemment Prandtl; ou, au contraire, la composition des paramolybdates, telle que l'avait établie Delafontaine, exprime la véritable nature des polymolybdates, mais alors le groupe des sels méta devient artificiel et n'a pas le caractère bibasique qu'on lui a attribué.

Rosenheim ([2]) a cru pouvoir résoudre ce dilemme en brisant les anciens cadres et en faisant dériver la plupart des polymolybdates d'un acide

---

([1]) *Arch. Sc. phys. et natur.*, t. 23, 1865, p. 5.
([2]) *Zeit. f. anorg. Chemie*, t. 96, 1916, p. 139.

aqueux hypothétique $H^{10}(H^2O^6)$, imaginé, sauf erreur, par Copaux. Chaque atome d'oxygène pouvant être remplacé, dans cet acide *décabasique*, par un groupement bivalent $MoO^4$ ou $Mo^2O^7$, on est conduit à deux séries de sels plus ou moins saturés des acides

$$H^{10}[H^2(MoO^4)^6] \quad \text{et} \quad H^{10}[H^2(Mo^2O^7)^6],$$

qui engloberaient presque tous les métamolybdates connus et les paramolybdates.

Le molybdate d'ammonium ordinaire $3(NH^4)^2O.7MoO^3+4H^2O$ prend, dans cette hypothèse, la forme d'un sel pentabasique de l'acide aquohexamolybdique $(NH^4)^5H^5[H^2(MoO^4)^6]$ qui contient toute l'eau du composé à l'état *constitutif*.

Cette conception de Rosenheim se heurte à des objections de toutes sortes. Je n'apporterai ici que la preuve de l'inexactitude de la formule précédente et celle de l'existence réelle des heptamolybdates.

En effet, j'ai trouvé, d'une part, qu'il est possible d'obtenir le paramolybdate d'ammonium à l'état cristallisé *anhydre*, ce qui démontre que les $4H^2O$ de la formule de Delafontaine sont bien de l'eau de cristallisation; d'autre part, j'ai préparé deux sels d'ammonium nouveaux, intermédiaires entre les para et métamolybdates : les heptamolybdates mono et triammoniques

$$NH^4O(OH)^2MoO(O.MoO^2)^5.MoO^2(OH)+H^2O$$

et

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^5O.MoO^2(OH).$$

La constitution de ces sels indique que, dans certaines conditions qui seront précisées ultérieurement, les restes molybdiques placés à l'extrémité de la chaîne fixent $H^2O$ et deviennent *tétrabasiques* avec 3 oxhydryles, libres de se combiner avec des bases. Le paramolybdate d'ammonium, ayant pareils groupements à ses deux extrémités, répond alors à la formule

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^5O.MoO(ONH^4)^3+4H^2O.$$

*Heptamolybdate hexammonique anhydre* $3(NH^4)^2O.7MoO^3$. — On chauffe pendant 10 heures, vers 150°, en tube scellé, $12^g$ de molybdate ordinaire avec $3^{cm^3}$ d'eau et $5^{cm^3}$ d'ammoniaque 2,5 *n*. Après refroidissement, on essore à la trompe le dépôt cristallin qui s'est formé, on lave avec un peu d'eau froide et on laisse sécher à l'air : rendement $7^g,1$. Prismes ayant un habitus hexagonal avec base inclinée et facettes plus ou moins développées sur les arêtes basales. Soluble dans l'eau chaude, d'où il recristallise à froid sous forme de sel normal hydraté.

Trouvé : $MoO^3=86,58$ pour 100; $MoO^3:NH^3=1,17$ (calculé 86,59 et 1,17).

*Heptamolybdate triammonique* $(NH^4)^3O.7MoO^3(OH)$. — A une solution de $6^g,18$ de molybdate d'ammoniaque ordinaire dans $50^{cm^3}$ d'eau, on ajoute $2^g,9$ de $MoO^3$ ($4^{mol}$) et l'on chauffe pendant quelques minutes à 30°-40°, en agitant (tout ne se dissout pas), puis jusqu'à l'ébullition, qu'on entretient doucement un quart d'heure environ. Il se forme un dépôt abondant d'aiguilles prismatiques, complètement insolubles dans l'eau. Essoré à la trompe, lavé à fond et séché à l'air, il pèse $4^g,2$. Aucune perte dans l'étuve à 115°.

Trouvé : $MoO^3 = 92,23$ pour 100; $MoO^3 : NH^4 = 2,34$ (calculé 92,05 et 2,33).

*Heptamolybdate monoammonique* $NH^4.H^2O.7MoO^3(OH) + H^2O$. — La liqueur molybdique ordinaire, chauffée dans un ballon au bain-marie, dépose une croûte cristalline, formée d'aiguilles enchevêtrées. Ces cristaux, lavés à l'eau, ne sont pas de l'acide molybdique, comme on le croit généralement, mais de l'heptamolybdate monoammonique chimiquement pur. Insoluble dans l'eau, ce corps perd une molécule d'eau dans l'étuve à 115° et une autre, de constitution, entre 115° et 160°.

Trouvé : $MoO^3 = 93,67$ pour 100; $MoO^3 : NH^3 = 7,03$ (calculé 93,42 et 7,00).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrochimique des α-allyl et α-allylméthylcylohexanones.* Note de M. **R. Cornubert**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Note sur la même question [1], nous avons montré l'influence qu'exerçait, sur la valeur de la réfraction moléculaire des α-allyl- et allylméthylcyclohexanones, la présence de « groupes doubles » allylés dans la molécule. M. Haller [2] ayant montré d'autre part que, dans cette série, des groupes doubles ne comportant que des radicaux méthyle étaient sans influence appréciable sur la valeur de la réfraction moléculaire, fait également observé par M. v. Auwers, nous avons cherché comment varie cette dernière, quand, partant d'une cétone comportant deux groupes doubles méthylés, à réfraction moléculaire normale, on y remplace successivement tous les groupes méthyle par des groupes allyle, aboutissant ainsi à une cétone de réfraction moléculaire anormale.

Nous avons ainsi examiné les composés suivants :

αα-diméthyl-α′α′-diméthylcyclohexanone,
αα-diméthyl-α′α′-méthylallylcyclohexanone,
αα-diméthyl-α′α′-diallylcyclohexanone,
αα-méthylallyl-α′α′-diallylcyclohexanone,
αα-diallyl-α′α′-diallylcyclohexanone.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 919.
(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1201, et t. 157, 1913, p. 737.

Ne possédant pas encore le deuxième et le troisième terme de cette série, nous avons dû les préparer.

La triméthylallylcyclohexanone a été obtenue par diméthylation de l'α-méthylcyclohexanone suivie d'une allylation. 300g d'α-méthylcyclohexanone ont ainsi donné 13g de la cétone cherchée, liquide bouillant à 106°-107° (corr.) sous 16mm. Elle répond à la formule (I).

La diméthyldiallylcyclohexanone a été préparée à partir de la diméthylcyclohexanone, obtenue elle-même à partir de l'α-méthylcyclohexanone. Une diallylation nous a conduit à un liquide bouillant à 128° (corr.) sous 18mm. Nous en avons isolé 55g à partir de 50g de diméthylcyclohexanone. Elle répond à la formule (II) :

$$\begin{array}{c} CH^2 - C(CH^3)(C^3H^5) \\ CH^2 \langle \quad \rangle CO \\ CH^2 - C(CH^3)(CH^3) \end{array} \qquad \text{(I).}$$

$$\begin{array}{c} CH^2 - C(CH^3)(CH^3) \\ CH^2 \langle \quad \rangle CO \\ CH^2 - C(C^3H^5)(C^3H^5) \end{array} \qquad \text{(II).}$$

des travaux précédents ayant montré que la diméthylcyclohexanone ainsi préparée est surtout constituée par une cétone dissymétrique (1).

Les constantes des cinq cétones formant la série que nous voulions étudier sont les suivantes (les mesures ont été effectuées entre 23° et 25°) :

| Cyclohexanone. | | Échantillon de | $d\frac{24}{4}$. | Variation de $d\frac{24}{4}\times 10^4$. | $n_D^{24}$. | Variation de $n_D^{24}\times 10^5$. | Réfraction moléculaire | | Écart. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CH^3$. | $C^3H^5$. | | | | | | trouvée. | calculée. | |
| αα α′α′ | ″ | 165g | 0,8885 | ″ | 1,44456 | ″ | 46,16 | 46,19 | −0,03 |
| αα α′ | α′ | 13 | 0,9058 | +173 | 1,46375 | +1919 | 54,88 | 54,96 | −0,08 |
| αα | α′α′ | 55 | 0,9181 | +123 | 1,47702 | +1327 | 63,47 | 63,73 | −0,26 |
| α | αα′α′ | 255 | 0,9311 | +130 | 1,49128 | +1426 | 72,26 | 72,50 | −0,24 |
| ″ | ααα′α′ | 40 | 0,9452 | +141 | 1,50180 | +1052 | 80,62 | 81,27 | −0,65 |

Les résultats obtenus montrent de nouveau l'influence de la création d'un groupe double diallylé sur la valeur de la réfraction moléculaire. Ils font également ressortir la non-influence des groupes doubles méthylés : le deuxième terme a sensiblement le même écart de la réfraction moléculaire

(1) A. Haller et R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 700. L'isomère symétrique de la diméthylcyclohexanone pourrait se préparer par méthylation de l'αα-méthylallyl-α′-allylcyclohexanone déjà décrite (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1900, et t. 170, 1920, p. 1259).

(— 0,08) que l'αα-méthylallylcyclohexanone (— 0,03) et le troisième (— 0,26) que l'αα-diallylcyclohexanone (— 0,22).

Dans la précédente Note, nous avons réservé la série homologue que constituent les différents dérivés allylés provenant de la β-méthylcyclohexanone. Pour cette série, les écarts de la réfraction moléculaire ne se présentent pas de la même façon que pour les autres séries. Nous trouvons en effet les nombres suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dérivé monoallylé.... | + 0,11 | Dérivé triallylé....... | — 0,31 |
| Dérivé diallylé....... | ± 0,00 | Dérivé tétrallylé...... | — 0,82 |

Ici le caractère de permanence de l'écart de la réfraction moléculaire entre le deuxième et le troisième terme a disparu. En adoptant les théories de M. v. Auwers, ceci semblerait indiquer que la β-méthyl-α-diallylcyclohexanone ne contient pas de groupe double, mais est une β-méthyl-α-allyl-α'-allylcyclohexanone; l'introduction d'un troisième groupe allyle, engendrant un groupe double, provoque en effet une assez forte dépression de la réfraction moléculaire (— 0,31), dépression qui s'accentue nettement quand on allyle à satiété (— 0,82). Ceci est à rapprocher du résultat obtenu dans l'action de l'aldéhyde benzoïque sur la β-méthyl-α-diallylcyclohexanone, opération qui nous a donné une combinaison benzylidénique avec le faible rendement de 21 pour 100 [1] (les autres dialcoylcyclohexanones avaient donné des rendements variant entre 60 et 75 pour 100).

En résumé, l'étude spectrochimique des α-allyl- et allylméthylcyclohexanones milite en faveur de la théorie de M. v. Auwers sur l'influence des *groupes doubles* sur la valeur de la réfraction moléculaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Observations à propos du soi-disant* dibenzoylméthane vrai *de J. Wislicenus*. Note de M. **Charles Dufraisse**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans un travail publié en 1899, J. Wislicenus a décrit une bromobenzalcétophénone, dérivant par perte de HBr du dibromure

$$C^6H^5 - CHBr - CHBr - CO - C^6H^5,$$

et à laquelle il attribue la formule $C^6H^5 - CBr = CH - CO - C^6H^5$. Or ce composé, soumis à l'action de la soude en solution alcoolique, perd son

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1259.

atome de brome en donnant naissance à un produit que Wislicenus considère comme le dibenzoylméthane vrai $C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5$, le dibenzoylméthane préparé antérieurement par A.-V. Baeyer et Perkin et par L. Claisen, étant considéré comme la forme énolique du composé précédent : $C^6H^5 - COH = CH - CO - C^6H^5$. Les faits que j'ai exposés dans une Note précédente m'obligent à rejeter la formule attribuée par Wislicenus à la bromobenzalacétophénone, et, par suite, les conclusions qu'il en a tirées en ce qui concerne le soi-disant dibenzoylméthane vrai.

1. Observons tout d'abord que le problème de la constitution de la bromobenzalacétophénone, dont il est question ici, se rattache au problème général suivant : Quelle influence exerce un groupement électronégatif sur l'élimination d'une molécule d'acide halohydrique dans les dérivés dihalogénés en position $\alpha - \beta$ par rapport audit groupement ? A ce problème est également liée la fixation inverse des acides halohydriques sur les molécules non saturées au voisinage d'un groupement électronégatif.

A. Le cas du carboxyle, $CO^2H$, a fait l'objet de nombreux travaux : l'atome d'halogène enlevé ou fixé sous forme d'acide halohydrique se trouve toujours en position $\beta$ par rapport au $CO^2H$.

B. Le cas des cétones est beaucoup moins net.

*a.* Pauly et ses collaborateurs ont montré que la perte d'acide halohydrique s'effectuait, dans la série grasse, comme dans le cas mentionné ci-dessus des acides : cet auteur a réussi, en effet, à transformer les cétones monohalogénées résultantes en dicétones

$$R - CHX - CHX - CO - R' \rightarrow R - CH = CX - CO - R' \rightarrow R - CH^2 - CO - CO - R';$$

mais il dit s'être heurté à des difficultés insurmontables quand il a voulu étendre sa réaction à la série aromatique et en particulier au dibromure de la benzalacétone : $C^6H^5 - CHBr - CHBr - CO - CH^3$. Le problème restait donc entièrement à résoudre dans la série aromatique : le travail de Wislicenus contribuait même à obscurcir la solution, puisque cet auteur prétendait obtenir une dicétone $\beta$ par une série de transformations très analogue à celle qui fournissait la dicétone $\alpha$ en série grasse.

*b.* Il n'y a pas à ma connaissance de travaux sur la constitution des cétones éthyléniques monohalogénées obtenues par fixation d'une molécule d'acide halohydrique sur les cétones acétyléniques.

2. Le travail que je poursuis sur l'isomérie éthylénique dans la série de la benzalacétophénone m'a conduit à aborder le problème de la constitution de deux benzalacétophénones monobromées : l'une (fus. : 44°) obtenue,

d'après le procédé de Wislicenus, par soustraction de HBr au dibromure de benzalacétophénone, l'autre (fus. : 42°) formée, d'après mes expériences, par fixation de HBr sur le benzoylphénylacétylène.

A. Les deux substances ainsi obtenues, bien que fondant à des températures voisines, ne sont pas identiques : leur mélange broyé au mortier se liquéfie dès la température ordinaire.

B. Elles ne sont pas stéréoisomériques : la fixation de deux atomes de brome fournit, en effet, deux dérivés tribromés saturés, distincts, l'un de formule $C^6H^5 - CHBr - CBr^2 - CO - C^6H^5$ et l'autre de formule $C^6H^5 - CBr^2 - CHBr - COC^6H^5$ : le dibromure de la bromobenzalacétophénone de Wislicenus fond à 103°-104° et le dibromure du bromhydrate de benzoylphénylacétylène fond à 98°-99° (au bloc Maquenne). L'une d'elles correspond à la formule $C^6H^5 - CH = CBr - CO - C^6H^5$ et l'autre à la formule $C^6H^5 - CBr = CH - CO - C^6H^5$. Il suffit donc d'établir la constitution de l'une de ces deux cétones pour que celle de l'autre se trouve fixée simultanément.

C. On a vu dans ma Note précédente que la bromobenzalacétophénone de Wislicenus traitée à chaud par la soude pulvérisée se dédouble en acide benzoïque et styrolène ω bromé $C^6H^5 - CH = CHBr$.

La façon dont a été établie la formule de ce carbure bromé ne peut laisser aucun doute sur la place de l'atome de brome. De plus, la réaction qui lui a donné naissance ne peut pas être considérée comme une réaction secondaire puisque les seuls produits résultants sont, en dehors de l'acide benzoïque, le styrolène ω bromé nouvellement décrit et son dérivé le phénylacétylène : il ne forme pas de quantités appréciables d'un autre styrolène bromé. La réaction doit donc s'écrire

$$C^6H^5 - CH = CBr - CO - C^6H^5 + NaOH = C^6H^5 - CH = CHBr + C^6H^5 - CO^2Na$$

et la bromobenzalacétophénone de Wislicenus a pour formule

$$C^6H^5 - CH = CBr - CO - C^6H^5.$$

En conséquence, ainsi qu'il ressort du raisonnement ci-dessus, le bromhydrate de benzoylphénylacétylène que j'ai préparé doit répondre à la formule

$$C^6H^5 - CBr = CH - CO - C^6H^5.$$

3. Si l'on recherche maintenant quel peut être le produit de la deuxième réaction de Wislicenus (action de la soude en solution alcoolique sur $C^6H^5 - CH = CBr - CO - C^6H^5$), il paraît bien difficile d'admettre

comme premier terme de transformation (rendements voisins des rendements théoriques, d'après l'auteur) la dicétone vraie

$$C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5.$$

L'ensemble des faits connus sur ce produit m' incite plutôt à admettre pour lui la formule du benzoylphényloxyde d'éthylène (¹)

$$C^6H^5 - \underset{\diagdown O \diagup}{CH - CH} - CO - C^6H^5;$$

dans une première phase il y aurait fixation de soude sur la double liaison, puis, aussitôt, élimination de NaBr avec production d'un oxyde d'éthylène, conformément à la réaction générale.

Dans une publication récente, il est vrai, Widmann (²) a décrit un benzoylphényloxyde d'éthylène $C^6H^5 - \underset{\diagdown O \diagup}{CH - CH} - CO - C^6H^5$, très nettement distinct du composé précédent, fait que cet auteur considère comme une confirmation des vues de Wislicenus.

Je ne saurais m'associer à cette conclusion, car les théories stéréochimiques permettent de prévoir l'existence de deux benzoylphényloxydes d'éthylène présentant entre eux les rapports de l'isomérie cis-trans. Le groupement $= \underset{\diagdown O \diagup}{C - C} =$ détermine, en effet, un plan de part et d'autre duquel peuvent se répartir de deux manières différentes les quatre atomes ou radicaux qui lui sont liés. Le composé obtenu par Wislicenus peut donc posséder la formule d'un benzoylphényloxyde d'éthylène tout en étant différent du produit de même formule plane obtenu par Widman.

En résumé : 1° le groupement benzoyle $C^6H^5 - CO -$ influence comme le carboxyle $CO^2H$ la fixation ou l'élimination des acides halohydriques; 2° le bromhydrate de benzoylphénylacétylène répond au schéma $C^6H^5 - CBr = CH - CO - C^6H^5$; 3° la benzalacétophénone bromée de Wislicenus répond au schéma $C^6H^5 - CH = CBr\,CO - C^6H^5$; 4° le composé dérivé du précédent par saponification sodique n'est pas le dibenzoylméthane vrai.

---

(¹) Cette constitution avait été envisagée, puis rejetée par Wislicenus.

(²) *Berichte*, t. 49, 1916, p. 477.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les sels acides et polyacides des acides monobasiques; dibenzoates monopotassiques et monolithiniques.* Note de M. **Philippe Landrieu**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons continué nos recherches sur les sels acides des acides monobasiques en étudiant les sels acides formés par l'acide benzoïque avec le potassium et le lithium.

Nous avons employé les méthodes déjà décrites pour l'étude des sels de sodium de l'acide benzoïque ([1]) et des différents sels polyacides de l'acide camphorique et de l'acide oxalique ([2]).

*Dibenzoate monopotassique.* — En étudiant la composition des eaux mères en équilibre, à la température ordinaire (16°), avec les différents précipités qui se forment de solutions ayant pour composants l'acide benzoïque, le benzoate neutre de potassium et l'eau, nous avons trouvé que la courbe représentant les poids d'acide benzoïque et de benzoate neutre dans $100^g$ de solution se divise, comme dans le cas des benzoates de sodium, en trois parties. Chacune de ces parties est à peu près formée par une droite et correspond à l'existence d'une phase solide unique.

La première partie de la courbe correspond à la précipitation de l'acide benzoïque pur et va du point représentant la solubilité de ce corps dans l'eau à un point représentant une eau mère de composition :

| | Pour $100^g$ d'eau mère. |
|---|---|
| Acide benzoïque | $0^g,288$ |
| Benzoate de potassium | $4^g,5$ |

La deuxième partie de la courbe correspond à la précipitation d'un sel acide, le dibenzoate monopotassique $C^6H^5COOK, C^6H^5COOH$. Elle va du point qui vient d'être indiqué à un point représentant une eau mère de composition :

| | Pour $100^g$ d'eau mère. |
|---|---|
| Acide benzoïque | $0^g,070$ |
| Benzoate neutre de potassium | $43^g,1$ |

La troisième partie de la courbe est très courte et correspond à la préci-

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1452.

([2]) Voir les *deux* Mémoires publiés par E. Jungfleisch et Ph. Landrieu (*Annales de Chimie*, t. 2, 1914, p. 5 et 333, et *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1306).

pitation du benzoate neutre de potassium. Elle va du point indiqué ci-dessus au point représentant la solubilité du benzoate neutre de K pur dans l'eau.

Le dibenzoate monopotassique est un sel bien cristallisé en aiguilles très longues, il n'est pas hydraté. Son analyse nous a donné :

Acide benzoïque 43,10 pour 100; benzoate neutre de K 57,20. Calculé pour $C^6H^5COOK$, $C^6H^5COOH$ : acide benzoïque 43,28; benzoate neutre de K 56,72.

*Dibenzoate monolithinique.* — L'étude des corps qui se précipitent d'eaux mères, ayant pour composants l'acide benzoïque, le benzoate de lithium et l'eau, permet de tracer une courbe dont l'allure est très voisine de la précédente.

La deuxième partie de la courbe correspond à la précipitation d'un dibenzoate monolithinique $C^6H^5COOLi$, $C^6H^5COOH$.

Elle va d'un point représentant des eaux mères de composition :

| | Pour 100g d'eau mère. |
|---|---|
| Acide benzoïque | 0g,770 |
| Benzoate neutre de lithium | 23g,1 |

au point correspondant à des eaux mères de composition :

| | Pour 100g d'eau mère. |
|---|---|
| Acide benzoïque | 0g,680 |
| Benzoate neutre de lithium | 28g,2 |

Le dibenzoate monolithinique cristallisé en lamelles brillantes (il n'est pas hydraté). Il nous a donné à l'analyse :

Acide benzoïque 48,10 pour 100; benzoate neutre de lithium 51,80. Calculé pour $C^6H^5COOOLi$, $C^6H^5COOH$ : acide benzoïque 48,80; benzoate neutre de lithium 51,20.

Le dibenzoate monopotassique avait été signalé en 1852 par Gehrardt, le dibenzoate monolithinique n'avait pas encore été décrit.

Il est à remarquer, bien que l'allure des courbes représentant la composition des eaux mères soit à peu près la même pour les trois benzoates alcalins, que le seul sel acide de sodium existant à la température ordinaire est un tribenzoate, tandis que le seul sel acide de potassium et le lithium existant dans les mêmes conditions est un dibenzoate.

GÉOLOGIE. — *Sur le calcaire lutécien dans l'Yonne.*
Note de Mlle **Augusta Hure**, présentée par M. H. Douvillé.

En 1917, je signalais avec M. G.-F. Dollfus la découverte de débris meuliers lutéciens à l'est de Sens démontrant le prolongement ancien vers le sud, du calcaire à *Lophiodon* de Provins (Seine-et-Marne) (1).

En 1919, je signalais de nouveau l'existence de ce même calcaire plus à l'est encore dans l'Yonne, vers Bœurs et Coulours à la limite de l'Aube, donnant à croire pour ce département à l'extension vers le sud du calcaire de Saint-Parres, près Nogent-sur-Seine (2).

En 1919 et 1920, j'ai retrouvé des bandes importantes de ce calcaire lacustre, cette fois à l'ouest de Sens sur la rive gauche de l'Yonne. Au-dessous du hameau les Bruyères (3) de la commune de Collemiers, c'est-à-dire à l'est de Subligny, de beaux restes à l'altitude de $173^m$ dominent à droite une vallée, puis s'étendent en arrière dans les cultures de la ferme de Serbois à $1^{km}$ au delà.

Plus au nord, des fragments nombreux et une petite bande montent à $184^m$ d'altitude vers les Grosses-Pierres et les Duports, ensuite s'affirment isolés à mesure qu'on se rapproche du domaine du Chesnoy.

Toujours sur la rive gauche de l'Yonne, les mêmes débris, mais plus sporadiques, se poursuivent dans l'arrondissement de Joigny. Sur le territoire de Saint-Julien-du-Sault, vers les Sèves, et longeant un bois du lieu dit la *Châteaude*, des fragments se rencontrent vers $185^m$ d'altitude.

Les débris de la rive gauche de l'Yonne varient peu et sont plus durs, moins meuliérisés que ceux de la rive droite. Les fossiles y sont rares et le *Planorbis peudo-ammonius*, Schloth. est souvent le seul reconnaissable.

Il est évident que sur cette rive, une série de lacs lutéciens, se rattachant au Nord au grand lac lutécien de la Seine-et-Marne, s'étendait fort loin dans l'Yonne, allant peut-être retrouver à une vingtaine de kilomètres environ au sud-ouest de Saint-Julien-du-Sault, celui de Saint-Martin-sur-

---

(1) Augusta Hure et G.-F Dollfus, *Découverte de débris meuliers lutéciens à l'est de Sens* (Yonne) (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 503).

(2) Augusta Hure, *Notes sur la géologie et la tectonique du Bassin de la Vanne* (Yonne) (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 1919, p. 127).

(3) *Le Brières* sur la Carte géologique au $\frac{1}{80000}$.

Ouanne [1], reculant ainsi très au Sud la limite qu'en 1917 j'assignais avec M. G.-F. Dollfus au calcaire lutécien du Bassin de Paris.

Cette nouvelle découverte permet dès lors d'attribuer à cet îlot géologique une extension fort probable.

Ce calcaire lacustre, à fragments épars sur le sol, aux bandes irrégulières et isolées dans l'Yonne, semble en effet constituer des espaces ayant occupé des dépressions synclinales qui servaient autrefois de déversoirs à d'anciens lacs plus étendus.

Il est à remarquer que ces bandes dans le Sénonais accompagnent souvent des bandes de roches stampiennes, donnant à supposer que la direction et le démantellement de ces dépôts obéirent à l'action géodynamique de mêmes phénomènes.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la persistance du* Rhinoceros Mercki *dans un gisement moustérien supérieur des Basses-Pyrénées.* Note [2] de M. E. **Passemard**, transmise par M. Depéret.

*Situation.* — Dans la bande de calcaire jurassique qui s'étend de Cambo à Hasparren s'ouvre, presque au bord de la Nive, l'abri *Olha* près Cambo (Basses-Pyrénées).

La couche archéologique la plus inférieure de ce gisement est située à $12^m$ au-dessus du niveau actuel de la rivière et contient du sable et des cailloux roulés.

*Industrie.* — J'ai pu y reconnaître six couches séparées par trois éboulements, soit quatre niveaux inférieurs, un moyen et un supérieur, numérotés de haut en bas.

L'industrie est *moustérienne* avec de nombreux racloirs divers et des coups de poing spéciaux dans les couches basses.

Elle doit être actuellement rangée, en raison de ses nombreuses *diaphyses impressionnées*, rencontrées dans tous ses niveaux, dans le *Moustérien supérieur*.

Le troisième niveau inférieur, par ses grands éclats de quartzites et

---

(1) De Grossouvre, *Feuille de Bourges au* $\frac{1}{320000}$ (*Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. 20, n° 126, 1910, p. 38). — P. Jodot, *A propos du calcaire lacustre de Saint-Martin-sur-Ouanne* (*Congr. Ass. fr. Av. Sc.*, Nîmes, 1912, p. 330 à 335).

(2) Séance du 22 novembre 1920.

d'autres roches locales, retaillés et redressés, doit être rapproché du Moustérien *A* du Castillo (Pyrénées cantabriques), également considéré comme Moustérien supérieur.

*Faune*. — Dans les couches inférieures, le deuxième et le troisième niveau ont donné des molaires supérieures et inférieures d'un Rhinocéros différent du *Rh. tichorhinus*. Dans le troisième niveau, une belle série de quatre molaires de la mâchoire supérieure gauche d'un individu adulte $P^4$, $M^1$, $M^2$, $M^3$, nous permet, par l'examen des crochets et anticrochets, ainsi que de la dernière molaire, de reconnaître le *Rh. Mercki*.

Il faut ajouter que tous les autres débris osseux de cette couche se rapportent à un Cerf voisin de l'*elaphus* et qu'aucun débris de *Renne* ne s'y est rencontré. Le niveau moyen a donné le premier reste de Renne sous forme de deux prémolaires caractéristiques, mais le Cerf reste abondant.

Dans le niveau supérieur apparaissent très modestement les habituels représentants de la faune dite « froide » : *Rh. tichorhinus*, représenté par quelques molaires supérieures, *Elephas primigenius* avec deux molaires de lait, et enfin quelques rares vestiges de Renne perdus au milieu de très abondants débris du Cerf déjà cité.

*Conclusions*. — La présence d'une semblable faune dans un gisement moustérien n'est pas habituelle en France où cette époque est généralement considérée comme comprise dans la dernière grande extension glaciaire, würmienne de Penck, et par conséquent présente une faune à caractères froids. Or, Olha nous met en présence de faits tout à fait différents.

Si nous considérons en effet, comme nous devons le faire dans l'état de nos connaissances, l'abri Olha comme appartenant entièrement au Moustérien supérieur à cause de ses *diaphyses impressionnées*, c'est-à-dire comme contemporain des mêmes couches, mais à faune froide, des gisements *moustériens* plus septentrionaux, nous sommes amenés à dire que la faune froide, dont la *migration* accompagnait la vague froide de la glaciation *würmienne* n'atteignit pas certaines régions de la France, même après *le milieu* de cette période.

Très vraisemblablement, des régions telles que le Pays basque ou la Riviera méditerranéenne étaient privilégiées comme elles le sont encore aujourd'hui.

Elles ont pu échapper longtemps à l'influence froide, ce que confirment du reste les observations faites dans le nord de l'Espagne, où la faune froide est encore plus tardive et plus rare.

Cependant la présence dans cette couche à *Rh. Mercki* de coups de poing

pourrait faire croire à de l'*Acheuléen* si nous ne savions que ces formes se retrouvent dans bien des gisements moustériens typiques et même au Moustier.

Ceux d'Olha ont un caractère bien spécial; par leur aspect fruste, leur large taillant, leur pointe latérale, ils rappellent les formes analogues de l'Espagne et même de l'Afrique du Nord. On dirait qu'une influence méridionale s'est fait sentir.

Il se peut parfaitement que deux courants opposés, venus l'un du Nord, l'autre du Sud, se soient fondus dans cette région, ce qui serait conforme à sa situation géographique.

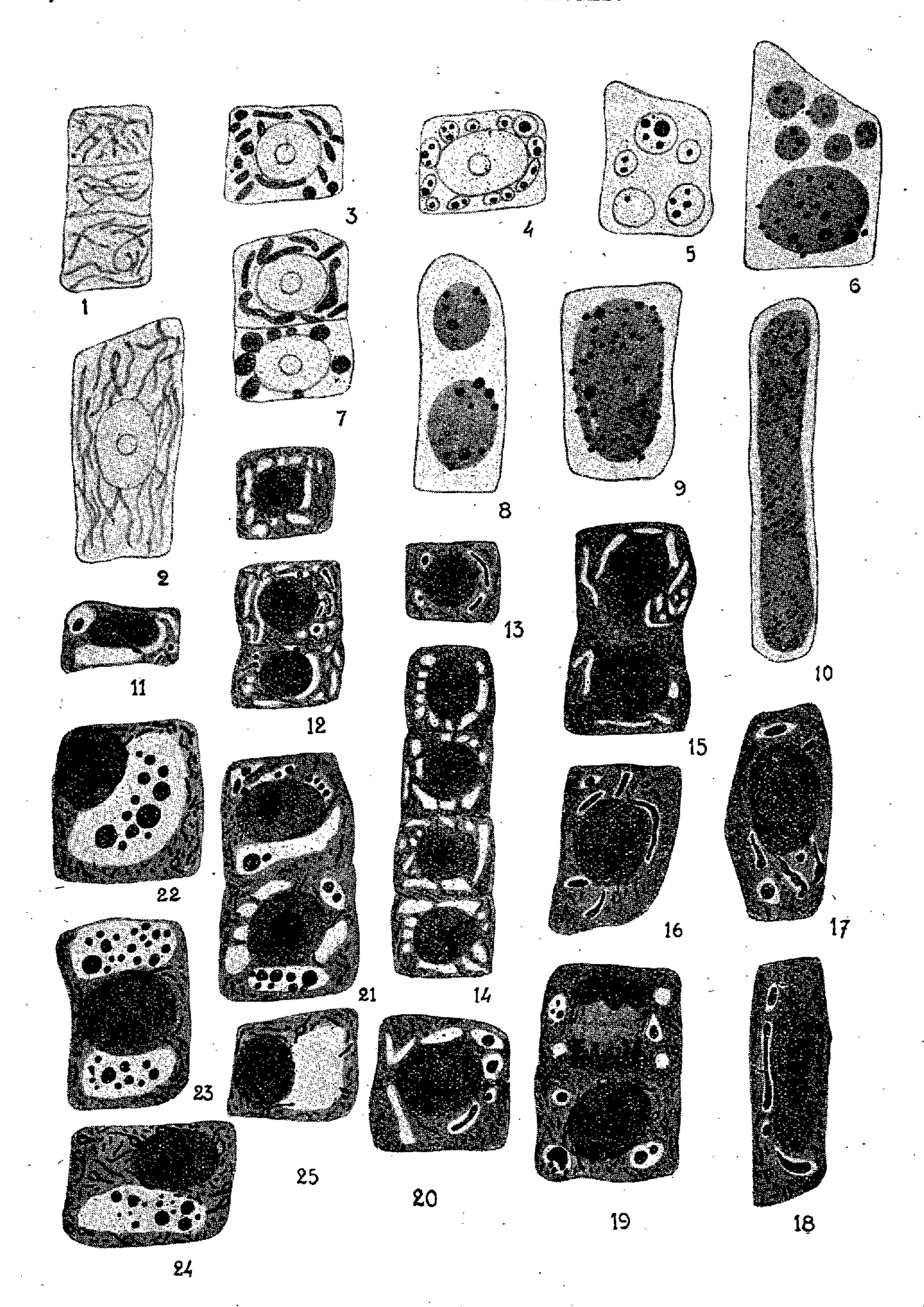
Mais il importe surtout de faire remarquer : que même en France et dans un domaine qui resterait à préciser, *une industrie moustérienne peut ne pas être accompagnée de* Rhinoceros tichorhinus *et aussi que* Rhinoceros Mercki *rencontré avec des coups de poing, ne nous reporte pas forcément dans les périodes prémoustériennes.*

BOTANIQUE. — *Nouvelles recherches sur l'appareil vacuolaire dans les végétaux.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons déjà résumé nos premiers résultats relatifs à la racine d'Orge et à la feuille d'*Iris germanica* (¹). Les recherches que nous avons poursuivies depuis ont porté sur un certain nombre de plantules en voie de germination (Haricot et Pois, en particulier). Si l'on examine, à l'aide d'une coloration vitale, au rouge neutre, une portion quelconque de ces plantules, on constate, comme dans les cellules de racines de Pois (*fig.* 4 à 6) et de Haricot (*fig.* 8 à 10), que les vacuoles fixent le colorant; parfois, le suc vacuolaire prend seulement une teinte diffuse, mais le plus souvent, on voit apparaître, en outre, au sein de la vacuole, un plus ou moins grand nombre de corpuscules fortement colorés. Ces corpuscules sont animés de mouvements browniens au sein de la vacuole; ils peuvent émigrer dans le cytoplasme périvacuolaire. Ils résultent, comme l'a démontré M. Dangeard, de la précipitation dans la vacuole, sous l'influence du colorant, d'une substance à l'état de solution colloïdale.

La radicule d'Orge étudiée précédemment, offrait un type schématique où l'on pouvait suivre facilement tout le développement du système vacuo-

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 612 et *Bull. Soc. Biol.*, 1920.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

laire qui apparaît d'abord, avec des formes très semblables à des mitochondries (*fig.* 1 et 2). Dans les radicules de Pois (*fig.* 3) et de Haricot (*fig.* 7), le système vacuolaire est moins facile à observer, mais apparaît dans les cellules les plus jeunes des méristènes aussi avec des formes filamenteuses, parfois anastomosés en réseau, qui fixent intensivement les colorants vitaux et représentent de jeunes vacuoles remplies d'une substance en solution très épaisse. Les filaments se décomposent ensuite en petites boules qui, en absorbant de l'eau, prennent l'aspect de petites vacuoles typiques à contenu aqueux. Celles-ci se fusionnent et arrivent à constituer une seule grosse vacuole. Dès que les vacuoles ont pris leur aspect typique, leur contenu, beaucoup plus dilué, devient moins colorable, et c'est à ce moment qu'il peut précipiter, sous forme de corpuscules, sous l'influence des colorants. Dans les cellules plus âgées, les vacuoles finissent par prendre une teinte très pâle.

Dans d'autres plantules, les phénomènes sont moins nets, parce que les figures initiales du système vacuolaire ne se rencontrent que dans les cellules très proches des initiales et très rapidement se transforment en vacuoles typiques. Leur contenu est plus fluide et leurs formes ressemblent moins à des mitochondries. Il semble que l'aspect pseudo-mitochondrial des jeunes vacuoles est d'autant plus marqué que leur contenu est moins fluide.

La substance contenue dans les vacuoles offre, dans le Pois, le Haricot et la Courge, les mêmes caractères chimiques que dans l'Orge, et ne présente aucun caractère qui permette de la rapprocher, comme l'a fait M. Dangeard, de la métachromatine des Champignons. Sa nature chimique n'a pu être déterminée. Ailleurs elle présente les caractères de composés phénoliques.

Nous nous sommes surtout occupés de la manière dont se comporte le système vacuolaire sur coupes fixées et colorées.

Les méthodes mitochondriales ne conservent que très imparfaitement les formes initiales du système vacuolaire et ne les colorent pas électivement. Une coupe de racine d'Orge (*fig.* 11 à 14) permet de reconnaître dans les cellules du méristène, dans le cytoplasme, la présence de petits canalicules incolores disposés autour du noyau, qui correspondent aux vacuoles filamenteuses visibles sur le vivant, mais ceux-ci sont plus épais et moins nombreux que sur le vivant; ce qui montre qu'ils se sont partiellement fusionnés au cours de la fixation. Dans quelques cas, enfin, on constate dans leur intérieur un mince filament coloré résultant de la contraction,

sous l'influence du fixateur, de la substance contenue en solution dans la vacuole. Le chondriome, qui n'était pas visible sur le vivant, apparaît au contraire différencié avec une grande netteté. Dans les racines de Pois (*fig.* 15 à 25) et de Haricot, les canalicules offrent plus souvent un filament coloré et les vacuoles typiques qui en résultent conservent quelque temps, surtout dans la coiffe, des corpuscules colorables par l'hématoxyline. Dans d'autres racines, au contraire, dès que les canalicules se sont transformées en vacuoles arrondies, on ne trouve plus dans celles-ci aucun contenu colorable, sans doute parce que la substance dissoute dans la vacuole est devenue trop diluée.

Il est à remarquer que la coloration des jeunes vacuoles est très inconstante et se produit surtout dans les mauvaises préparations. En aucun cas, les formes initiales des vacuoles ne peuvent être confondues avec les éléments du chondriome, parce que leur contenu, même dans les cas rares où il est coloré, se trouve toujours condensé au milieu d'une vacuole incolore.

*Conclusions.* — Le système vacuolaire, dans les cellules embryonnaires des végétaux supérieurs, présente le plus souvent des formes rappelant les mitochondries. Les méthodes mitochondriales ne les conservent qu'imparfaitement et ne les colorent que rarement. Ces formes pseudo-mitochondriales n'offrent pas les caractères histo-chimiques des mitochondries et doivent être définitivement séparées du chondriome. C'est donc à tort qu'elles ont été assimilées par M. Dangeard au chondriome de la cellule animale. Elles correspondent très probablement aux formations connues dans la cellule animale sous le nom de *canalicules de Holmgren*.

BOTANIQUE. — *Recherches sur la greffe des* Solanum.
Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans un précédent Mémoire [1], j'ai montré que la Pomme de terre greffée sur d'autres Solanées plus ou moins voisines donne des tubercules aériens en nombre variable suivant les espèces qui lui servent de sujet et que ceux-ci sont particulièrement abondants quand elle est placée sur l'Aubergine et surtout la Tomate. D'autre part, cette tubérisation anormale dépend aussi de la nature des organes pris comme greffons et des conditions de milieu extérieur naturelles ou réalisées par le greffeur.

---

(1) Lucien Daniel, *Nouvelles recherches sur les greffes herbacées* (*Revue bretonne de Botanique*, 1910-1913).

En 1919, j'ai récolté une centaine de ces tubercules aériens sur des greffons de la variété Fluke, de Saint-Malo, placés, les uns sur la Tomate, les autres sur l'Aubergine. Au mois de mars 1920, j'ai planté ces tubercules, que j'avais réussi à conserver en bon état, dans les jardins du Laboratoire, en vue d'étudier leur développement comparatif. Bien qu'il y eût, dans le nombre, des tubercules de petite taille, tous donnèrent des plantes feuillées; naturellement, les plus gros fournirent les exemplaires les plus vigoureux. En juillet, je constatai que les pieds provenant de la greffe sur la Tomate avaient conservé complètement les caractères de la variété; précoces comme elle, ils ne s'en distinguaient par aucun caractère spécifique particulier. Au contraire, ceux qui provenaient de la greffe sur Aubergine se partageaient en deux groupes reliés par des intermédiaires : les uns, les plus nombreux, avaient conservé les caractères de la Fluke; les autres, assez nombreux, étaient devenus tardifs; ils avaient un feuillage encore très vert en septembre, quand les premiers avaient leurs fanes desséchées depuis plus d'un mois. Ainsi le sujet Aubergine, tardif et mûrissant mal ses fruits sous le climat armoricain, avait transmis partiellement son retard de végétation à quelques tubercules aériens de son greffon. Cette transmission, comparable à l'action du *Vitis rupestris* sur diverses variétés de *Vitis vinifera*, était devenue héréditaire, chez certains exemplaires, par multiplication asexuelle.

Trois exemplaires montraient une hérédité plus curieuse encore. Sans qu'il y eût traces d'une influence extérieure quelconque (blessures, parasitisme, variation de milieu particulière), il s'était formé à la fois des tubercules aériens et des tubercules souterrains sur leur appareil végétatif; cette production simultanée n'avait pas réduit sensiblement le rendement en tubercules souterrains. L'hérédité agame d'un caractère acquis par greffe était dans ce cas particulièrement nette, quoique plus exceptionnelle que le caractère tardif de la végétation [1].

J'ai en outre constaté que tous les descendants de la Fluke greffée issus des tubercules aériens n'ont pas, cette année, été attaqués par le *Phytophtora infestans*. Ce résultat provient-il de ce que les tubercules aériens conservent leur épiderme protecteur ? Je l'ignore, mais il est utile d'indiquer ce fait, ne serait-ce que pour provoquer des recherches sur ce point d'importance capitale en agriculture, étant donnée l'extension de la maladie

(1) L'hérédité agame à la suite du bouturage existe aussi chez la Vigne, où des variations avantageuses produites par la greffe ont pu être propagées et se sont maintenues par multiplication végétative.

de la Pomme de terre. Si cette résistance était acquise définitivement à la suite de greffes sur sujets convenablement choisis, après des essais en grand, la culture des variétés présentant à la fois des tubercules aériens et des tubercules souterrains présenterait, en dehors de cette résistance, un grand intérêt, car on aurait dans le sol la production culinaire et dans l'air les organes de multiplication.

Comme je le fais tous les ans, j'ai, en 1920, répété mes greffes de Solanées et en particulier celles d'Aubergine sur Tomate. Sur un greffon d'Aubergine longue violette placé sur Tomate « Merveille des marchés » à fruit lisse surbaissé, j'ai obtenu des fruits absolument semblables à ceux de la Tomate sujet, sauf qu'ils avaient conservé leur couleur violette. Le pédoncule, allongé chez les témoins, s'était notablement raccourci, se rapprochant ainsi de celui de la Tomate sujet. Sur d'autres greffons, on trouvait à la fois des fruits allongés, des fruits courts et coniques, des fruits arrondis, de couleur violette. La variation produite par la symbiose était plus ou moins complète, suivant les greffes et d'ailleurs exceptionnelle, car la majorité des greffons n'avait pas changé.

Ces phénomènes rappellent et confirment ceux que j'avais obtenus au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau en 1895 et dont l'origine a été contestée par Griffon. Or, à Fontainebleau, les fruits d'Aubergine étaient côtelés parce que la Tomate sujet avait ses fruits côtelés; à Rennes, cette fois, les fruits sont devenus arrondis et lisses parce que la « Merveille des marchés » n'est pas côtelée. Ce fait est important, car puisqu'il s'agit de la même race d'Aubergine, il y a eu dans les deux cas une *orientation* très nette de la variation dans le sens du sujet. Comme je l'ai fait remarquer depuis longtemps, cette orientation permet de reconnaître l'influence exercée par l'un ou l'autre des associés sur son conjoint. Mais elle n'existe pas toujours et la réaction mutuelle peut se manifester d'une autre manière, soit par la transformation d'un caractère latent en caractère dominant et *vice versa*, soit par une formation de combinaisons ancestrales ou même essentiellement nouvelles, comme aussi par l'apparition de caractères essentiellement nouveaux. Or, tous ces phénomènes que j'ai réunis sous le nom général d'*hybridation asexuelle*, sans cependant les confondre entre eux, ont une origine commune : ils proviennent des réactions mutualistiques ou antagonistiques (¹) qui s'exercent au niveau du bourrelet et à des distances variables de celui-ci.

---

(¹) Lucien Daniel, *Réactions antagonistiques et rôle du bourrelet chez les plantes greffées* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 285).

ANTHROPOMÉTRIE. — *Étude anthropométrique de 127 Espagnols.* Note de MM. **Léon Mac-Auliffe** et **A. Marie**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'étude des mensurations et des caractères chromatiques des cheveux et des yeux de 127 Espagnols des provinces les plus diverses confirme certaines données anthropologiques et complète nos connaissances sur les caractères ethniques de nos voisins du Sud.

Le peuple espagnol, comme le peuple français, est le résultat d'un métissage de races diverses, mais il possède lui aussi des caractéristiques.

Nos observations indiquent d'abord un indice céphalométrique moyen de 78,39, en conformité des Tableaux de Deniker (78,2). Les Espagnols sont donc en majorité mésocéphales. Nous trouvons, en effet, dans notre série d'études la répartition suivante :

| | Pour 100. | Pour 100. |
|---|---|---|
| Dolichocéphales | 16,56 | (Français : 2,68) |
| Mésocéphales | 53,54 | ( » 23,28) |
| Brachycéphales | 28,34 | ( » 50,14) |
| Hyperbrachycéphales | 1,57 | ( » 23,90) |

La taille moyenne espagnole est inférieure à la nôtre ; elle est de $1^{m},631$ (Bertillon avait trouvé $1^{m},639$). Mais le métissage du peuple espagnol est confirmé par le fait que la loi de Pittard ne s'y applique pas. Cette loi peut s'énoncer ainsi : plus la race est pure, plus la dolichocéphalie s'accentue au fur et à mesure que la taille s'élève ; Pittard l'avait indiquée à la suite de ses 1261 mensurations de Tziganes de la péninsule des Balkans (¹). Nos propres constatations sur les Tunisiens indigènes (²) et sur les Romanichels français (³) semblent la confirmer ; or, nos statistiques indiquent qu'elle n'est pas applicable aux Espagnols.

La comparaison des caractères chromatiques des cheveux et des yeux chez les Espagnols et chez les Français est intéressante et le chiffre de jour en jour plus élevé de nos statistiques permet de l'interpréter : la pigmentation des cheveux et des yeux est plus accentuée, ainsi qu'on pouvait le prévoir, dans la péninsule voisine que dans notre pays. On rencontre cepen-

(¹) E. Pittard, *Influence de la taille sur l'indice céphalique dans un groupe ethnique relativement pur* (*Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 1905, nº 3).

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 204.

(³) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 49.

dant chez les Espagnols des blonds foncés, en proportion voisine de celle de notre pays. Les cheveux d'un noir pur y sont presque aussi rares qu'en France; la couleur dominante des cheveux espagnols est le châtain foncé. Les chiffres indiquent que, dans les deux peuples, il y a parallélisme très notable entre le développement du pigment des cheveux et de l'iris : plus la pigmentation des yeux s'accentue, plus se développe celle des cheveux et inversement [1]. Tous les blonds espagnols étudiés ont les yeux bleus ou faiblement pigmentés, comme les Français de même teinte. L'indice céphalique ne paraît avoir aucun rapport avec ces caractères chromatiques. Enfin, il semble démontré une fois de plus, par ces nouvelles observations, que le pigment roux des cheveux n'a pas de caractère ethnique, s'apparente à l'albinisme et paraît d'origine pathologique. Dans toutes les races que nous avons étudiées jusqu'ici, en effet, les cheveux roux (y compris les cheveux châtain roux et blond roux) se trouvent dans des proportions très voisines : Français sur 6652 cas = 4,04 pour 100; Romanichels français = 5 pour 100; Espagnols = 4,90 pour 100.

La proportion des roux proprement dits dans les divers groupes ethniques européens paraît également presque identique.

*Comparaison des couleurs de cheveux des Espagnols et des Français.*

| | Espagnols (122 cas) pour 100. | | Français (6652 cas) pour 100. | |
|---|---|---|---|---|
| Blond albinos | 0,00 | | 0,01 | |
| » clair | 0,00 | | 1,24 | |
| » moyen | 0,81 | | 4,50 | |
| » foncé | 5,73 | | 5,50 | |
| Châtain clair | 7,37 | | 14,17 | |
| » moyen | 27,04 | | 42,97 | |
| » foncé | 40,16 | | 22,98 | |
| » noir | 11,47 | | 2,70 | |
| Noir | 2,45 | | 1,83 | |
| Roux clair | 0,00 | 4,90 | 0,10 | 4,04 |
| » moyen | 0,00 | | 0,31 | |
| » foncé | 0,81 | | 0,30 | |
| Blond roux | 0,81 | | 1,06 | |
| Châtain roux | 3,28 | | 2,25 | |

(1) BAYLE et MAC-AULIFFE, *La couleur des yeux et des cheveux chez les Français*. (*Revue générale des Sciences*, 15-30 août 1920).

*Comparaison de la pigmentation des yeux des Espagnols et des Français.*

| | Espagnols (127 cas) pour 100. | Français (6652 cas) pour 100. |
|---|---|---|
| Impigmentés (bleus) | 7,87 | 18,58 |
| Peu pigmentés | 41,73 | 42,52 |
| Très pigmentés | 50,37 | 38,87 |
| A pigment jaune | 11,81 | 21,76 |
| » orange | 29,92 | 20,76 |
| » châtain | 24,40 | 21,96 |
| » marron en cercle | 2,36 | 6,70 |
| » » verdâtre | 21,25 | 7,24 |
| » » pur | 2,36 | 2,97 |

*Caractères somatiques moyens sur 127 Espagnols.*

| | m | | m |
|---|---|---|---|
| Taille | 1,631 | Oreille droite | 0,062 |
| Envergure | 1,670 | Pied gauche | 0,254 |
| Buste | 0,875 | Médius gauche | 0,111 |
| Longueur de tête | 0,190 | Auriculaire gauche | 0,086 |
| Largeur de tête | 0,149 | Coudée gauche | 0,442 |
| Diam. bizygomatique. | 0,135 | | |

ANTHROPOLOGIE. — *Les variations de la platycnémie du tibia chez les enfants et les adultes des races néolithiques.* Note (¹) de M. **Marcel Baudouin**, transmise par M. Ch. Richet.

On a signalé depuis longtemps l'aplatissement du tibia chez certaines races de la pierre polie. C'est le tibia en *lame de sabre*, dont on a mesuré la minceur à l'aide de ce qu'on a appelé l'*indice de platycnémie*.

Mais, jusqu'à présent, on n'avait pas étudié ce caractère anatomique en tenant compte de la *race*, d'une part, et, d'autre part, de l'*âge* des sujets.

Je puis aujourd'hui avancer que, chez les Brachycéphales du bassin de Paris, la platycnémie est *plus forte* que chez les Dolichocéphales de l'ouest de la France, contrairement à ce qu'on aurait dû croire, puisqu'on dit la Dolicocéphalie plus ancienne que la Brachycéphalie.

En effet, l'indice, pour l'allée couverte de Vaudancourt (Oise), va de 56,75 à 67,64, avec une moyenne de 61,00.

(¹) Séance du 22 novembre 1920.

Or, pour la ciste de Bazoges-en-Pareds (Vendée), il oscille de 60,00 à 80,00, avec une moyenne de 70,00. A l'île d'Yeu (Vendée), j'ai même noté 75,00.

La différence est donc de près de 15 pour 100. C'est là une donnée intéressante à posséder, car cette notion peut permettre, en l'absence de tout crâne (ce qui est fréquent), de déterminer la race pour un ossuaire quelconque.

Comme la platycnémie est, ainsi que l'a prouvé Manouvrier, un caractère anatomique *acquis*, d'ordre fonctionnel, et en relation avec la marche bipède, il faut en conclure que les Brachycéphales sont d'une race *plus bipède*, c'est-à-dire plus perfectionnée que les Dolichocéphales : ce qui est d'ailleurs évident par le cerveau en particulier.

De plus, jusqu'à présent, personne n'avait pu étudier, faute de matériel osseux approprié, la platycnémie chez les jeunes enfants.

J'ai pu le faire, grâce à la technique employée lors des fouilles pour les deux ossuaires de Vaudancourt et de Bazoges, et j'ai constaté, à ce propos, des faits très intéressants et tout à fait imprévus.

A Bazoges-en-Pareds, les tibias d'enfants ont un indice très élevé, de 73,00 à 90,00, ce qui signifie qu'ils sont presque *cylindriques*, c'est-à-dire de type animal. La moyenne est de 82,00.

A Vaudancourt, l'indice va de 77,00 à 86,00 seulement avec une moyenne de 82,00 également.

Il résulte de ces premières constatations que les tibias des enfants néolithiques sont bien *plus arrondis*, c'est-à-dire bien *moins aplatis*, que ceux des adultes, dont les indices ne sont pas de 82,00, mais de 61,00 à 70,00, c'est-à-dire de 65,00 en moyenne.

La différence est donc de $82{,}00 - 65{,}00 = 17$ points sur 100, c'est-à-dire de plus de $\frac{1}{10}$.

Au demeurant, cela se conçoit très bien, puisque la platycnémie est une chose acquise, due à des actions musculaires et se développe avec l'exercice.

Plus le sujet est jeune, moins cette action se fait sentir; et, par conséquent, moins l'aplatissement est marqué.

Or nous avons constaté exactement le contraire à l'humérus ([1]).

Qui plus est, j'ai remarqué qu'à Bazoges-en-Pareds, les *jeunes enfants* de 1 à 9 ans ont un indice allant de 73,00 à 92,00, d'où la moyenne de

([1]) MARCEL BAUDOUIN, *La Platylérachie et les races humaines néolithiques* (*Bull. Acad. de M*[illegible], 83e année, n° 35, 11 novembre 1919, p. 286-296).

82,00. D'autre part, les *adolescents* de 9 à 20 ans ont un indice de 83,00 à 92,00 ; soit 87,00 en moyenne.

Il en résulte qu'il y a là *deux platycnémies*, successives, d'origine différente.

La première, dite de *jeune enfance*, est d'ordre *atavique*, puisque de 1 à 9 ans, l'enfant marche peu (¹).

Et c'est un fait qui explique pourquoi la platycnémie du Brachycéphale est plus forte que celle du Dolicocéphale.

Mais de 10 à 20 ans, le tibia, par suite de la croissance, *s'arrondit* un peu d'où le chiffre de 87,00.

Par contre, dès 20 ans, commence à se produire la seconde platycnémie, celle qu'on doit appeler de l'*Adulte*, qui fait descendre l'indice jusqu'à 55,00 chez les Brachycéphales.

C'est là la *platycnémie fonctionnelle* véritable, celle de Manouvrier.

Ces constatations prouvent en outre que la tendance d'un os long est de prendre la forme *ronde* et qu'il ne devient *plat* que quand, pour des raisons faciles à reconnaître, il ne peut conserver son aspect d'origine.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Castration intrapubérale chez les coqs et généralisation de la loi parabolique de régression.* Note (²) de M. **A. Pézard**, présentée par M. Edmond Perrier (Extrait).

L'état et la longueur de la crête fournissent, comme nous l'avons montré, un excellent critère de la masculinité chez les coqs. Une crête développée et sanglante est, chez nos races habituelles, la marque extérieure de puissants instincts sexuels et combattifs. La castration postpubérale, en même temps qu'elle provoque une remarquable régression de la crête, entraîne une disparition parallèle de l'instinct sexuel, de l'ardeur belliqueuse et même du chant. Si les données qui vont suivre ne font état que des mensurations de la crête, elles ont néanmoins une portée plus générale, *car elles s'appliquent, implicitement, à l'ensemble des caractères psycho-sexuels des Gallinacés.*

Durant la période de régression qui suit la castration postpubérale, la courbe des longueurs successives de la crête est figurée sensiblement par un segment de parabole qui se termine tangentiellement à l'horizontale. Ce segment correspond à la formule

$$L = l + \frac{1}{2} c (\theta - t)^2;$$

(¹) J'ai noté deux jeunes tibias ayant pour indice 88,88 et 92,30. Un tibia d'un sujet de 10 ans a même donné 93,75.

(²) Séance du 26 novembre 1920.

L, longueur de la crête durant la régression;
$l$, longueur de la crête à la fin (fournie par l'expérience);
$c$, constante individuelle (accélération négative fournie par le calcul);
$\theta$, durée de la régression (fournie par l'expérience);
$t$, temps.

Il était intéressant de rechercher quelle est la nature de la courbe de régression lorsque la castration est effectuée non plus chez des sujets adultes, mais chez des sujets en voie d'évolution sexuée (castration intrapubérale).

Nos expériences portent sur sept coqs. Les castrations sont exécutées à un moment où la crête, déjà soumise au conditionnement testiculaire, n'est pas encore complètement développée. Nous les échelonnons de telle façon que l'organe conditionné soit surpris aux différents stades de son développement. Les mensurations périodiques effectuées nous conduisent encore à des segments de parabole. Nous indiquons ci-dessous les résultats numériques extrêmes, et nous rappelons en outre, pour comparaison, les résultats que nous ont fournis, antérieurement, nos expériences de castration postpubérale.

| N°. | Race. | Longueurs extrêmes de la crête (en millimètres). | Durée de la régression ($\theta$) (en semaines). | Accélération négative ($c$) | Produit $c\theta$. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *A. — Castration intrapubérale.* | | | |
| 1. | Leghorn doré | 46-42 | 1 | 8 | 8 |
| 2. | Mélangée | 58-49 | 1,9 | 4,8 | 9,4 |
| 3. | Leghorn doré | 53-44 | 2 | 4,5 | 9 |
| 4. | Mélangée | 65-54 | 2,7 | 3,2 | 8,7 |
| 5. | Leghorn doré | 63-47 | 5 | 1,3 | 6,5 |
| 6. | Leghom doré | 70-52 | 6 | 1 | 6 |
| 7. | Cou nu | 84-56 | 6 | 1,5 | 9 |
| | | *B. — Castration postpubérale.* | | | |
| 8. | Beauce | 86-55 | 7 | 1,27 | 8,9 |
| 9. | Faverolles | 88-57 | 7 | 1,26 | 8,8 |
| 10. | Dorking | 110-58 | 12 | 0,72 | 8,6 |
| 11. | Orpington noir | 86-60 | 9 | 0,64 | 5,8 |

*Discussion.* — La durée $\theta$ de la régression augmente (comme on pouvait s'y attendre), au fur et à mesure que la crête est plus développée, et dans des proportions très grandes (de 1 à 12). Par contre, l'accélération négative ($c$) diminue et ses variations ne sont pas moins étendues (de 8 à 0,64). Nous constatons en outre que le *produit $c\theta$ est à peu près constant*, ses variations corrélatives s'échelonnant entre 5,8 et 9.

L'interprétation de la constance du produit $c\theta$ nous conduit à des résultats particulièrement simples.

Si, partant de la formule algébrique, nous déterminons la vitesse de la régression à un moment donné (dérivée de L par rapport à $t$), nous trouvons

$$\frac{dL}{dt} = ct - c\theta.$$

Au commencement de la régression, c'est-à-dire quand $t = 0$, on a

$$\frac{dL}{dt} = - c\theta.$$

La constance de $c\theta$ indique que la régression débute toujours avec la même vitesse, que la castration soit intra- ou postpubérale. A ce sujet, nous n'avions pas été sans remarquer que, durant les premiers jours qui suivent la castration, la crête perd toujours sensiblement la même longueur.

CONCLUSION. — *Aussi bien que la castration postpubérale, la castration intrapubérale chez les coqs est suivie d'une régression de la crête et entraîne la disparition de l'instinct sexuel et de l'ardeur combattive.*

*La durée θ de la régression augmente avec l'âge.*

*L'accélération négative, c, de la régression diminue avec l'âge.*

*Le produit cθ est à peu près constant et égal à* 8.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les lois numériques des ondes pédieuses chez les Gastéropodes.* Note de MM. **Fred Vlès** et **Jean Bathellier.**

On sait que la sole pédieuse d'un grand nombre de Gastéropodes est parcourue pendant la progression de ceux-ci par des ondes locomotrices, dont la fréquence (nombre d'ondes dans l'unité de temps) a paru, en première approximation [1], une fonction probable, mais encore non définie, des caractéristiques mécaniques de la locomotion de ces animaux.

Grâce à près d'une centaine de mesures portant sur plusieurs genres de Gastéropodes (*Gibbula obliquata* Gm.; *Trochocochlea crassa* Pult.; *Haliotis tuberculata* L.; *Helix aspersa* Müll.) de dimensions et de puissances très dissemblables, nous avons pu obtenir une approximation plus avancée de ces diverses lois.

Les Gastéropodes ont été observés en ascension verticale contre la vitre

---

(1) E. Peyrega et F. Vlès, *Bull. Soc. zool. Fr.*, t. 38, 1913, p. 251.

d'un aquarium, travaillant à élever leur propre poids dans l'air (pour les Gastéropodes marins, immédiatement après leur émersion de l'eau, hors de laquelle ces animaux, choisis dans des espèces qui vivent normalement à la limite des marées, sortaient spontanément pour fuir l'approche d'une Astérie); on notait : la distance verticale parcourue par l'animal, le temps pris par cette ascension, le nombre d'ondes pédieuses ayant paru sur la sole, le poids de l'animal recueilli à la fin de son trajet, et enfin la surface ventrale de la sole pédieuse, décalquée rapidement à travers la vitre. Dans ces conditions les relations suivantes se sont montrées :

1° *Relations entre la fréquence des ondes et la vitesse de l'animal en ascension verticale.* — Les points expérimentaux pour une espèce donnée se groupent nettement autour d'exponentielles :

$$V = A e^{BF},$$

V étant la vitesse verticale de l'animal, F la fréquence de ses ondes, A et B des constantes spécifiques. Cependant une autre variable paraît intervenir, qui est vraisemblablement la dimension des échantillons : dans la répartition des points expérimentaux autour de la courbe théorique moyenne d'une espèce, les animaux légers se placent au-dessous de la courbe, les animaux lourds au-dessus; il existe donc vraisemblablement, pour une espèce donnée, un faisceau d'exponentielles, dont chacune correspondrait à un poids déterminé d'animal en expérience. Les constantes A et B de chaque espèce paraîtraient aussi présenter une liaison grossière avec le poids moyen des espèces étudiées, et peut-être encore, avec leur type locomoteur [1] (*fig.* 1).

2° *Relations entre la fréquence des ondes et la puissance développée par l'animal.* — La relation paraît de même forme que la précédente (et, de fait, la loi précédente devrait pouvoir se déduire de celle-ci) :

$$P = A' e^{B'F},$$

P étant la puissance, F la fréquence des ondes, A′ et B′ des constantes. Mais ici se présentent diverses particularités, qui donnent à la relation une signification remarquable.

*a.* Les coefficients B′ des diverses espèces (aussi bien pour les ditaxiques que pour le monotaxique) ont été pratiquement égaux dans la limite des erreurs expérimentales; cette propriété exprimerait donc la constance d'une

---

(1) F. Vlès, *Comptes rendus,* t. 145, 1907, p. 276; *Bull. Soc. zool. Fr.*, t. 38, 1913, p. 249.

liaison implicite entre la contraction musculaire correspondant à une onde et le travail que fournit cette contraction $\left[\text{puisque } B' = \Delta \frac{F}{\Delta}(\log P)\right]$.

*b.* D'autre part, la constante A′ a paru à son tour (mais toutefois en tenant compte ici du type locomoteur, c'est-à-dire en envisageant séparément les ditaxiques et les monotaxiques) une fonction assez simple des dimensions des organes énergétiques, dont nous avons pris pour caracté-

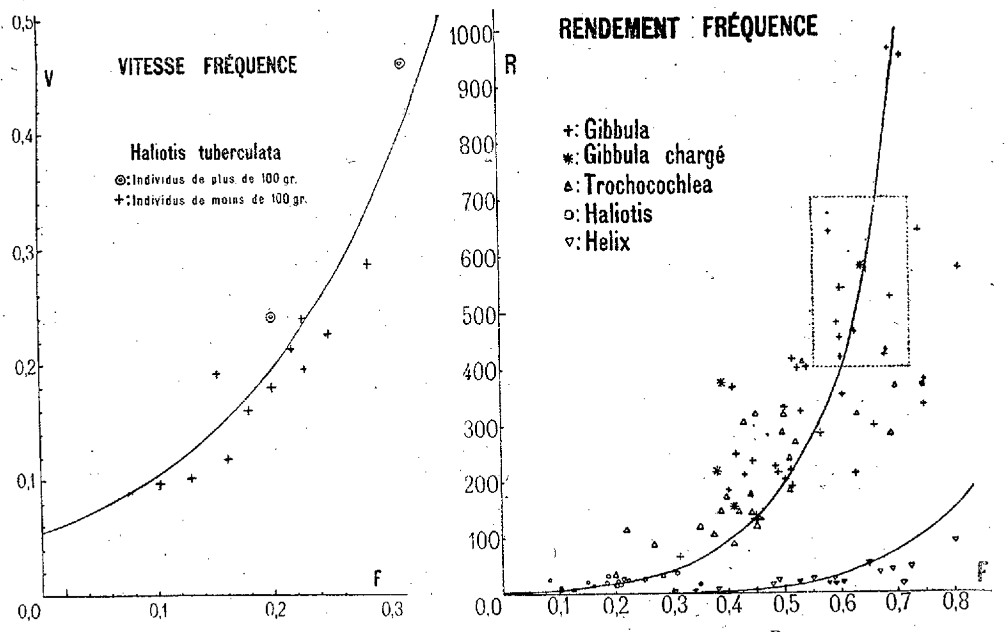



Fig. 1. — Relation entre la fréquence des ondes et la vitesse de l'animal en ascension verticale. *Haliotis*.

Fig. 2. — Relation entre $R = \frac{P}{S^2}$ et la fréquence des ondes. Quatre genres de Gastéropodes. Le rectangle pointillé indique le territoire d'approximation d'un point.

ristiques la surface de la sole pédieuse : nous avons eu en effet sensiblement $A' = \alpha S^2$.

Il s'ensuit que $P = \alpha S^2 e^{B'F}$ et que par conséquent la variable

$$R = \frac{P}{S^2} = \alpha e^{B'F}$$

*devrait être indépendante de l'espèce*. Dans les limites autorisées par la précision des calculs de R, les faits n'ont pas présenté de contradiction avec l'expression précédente (*fig.* 2). $B' = 7,90$; $\alpha$, autant qu'on peut le préciser avec l'approximation médiocre des surfaces, est voisin de 4 pour les ditaxiques; il serait de l'ordre de 0,3 pour le seul monotaxique étudié.

*c*. Dans un travail antérieur, l'un de nous [1] a défini un coefficient de «rendement locomoteur» $K = \frac{P}{S}$ permettant de caractériser la locomotion d'un Gastéropode. L'étude indépendante de la fonction $\frac{K}{S} = R = f(F)$, faite à titre de vérification, a montré que $\log\left(\frac{K}{S}\right) = f(F)$ était bien une droite, de laquelle on pouvait déduire directement des constantes $\alpha$ et $B'$ correspondant à celles déjà trouvées.

*d*. Dans les expériences précédentes les animaux ne travaillaient qu'à élever leur propre poids. Nous avons tenté, malgré la difficulté de l'opération, d'effectuer des observations sur un même animal (*Gibbula obliquata*) chargé de poids additionnels successifs (boulettes de mastic collées sur la coquille); malgré la précision inférieure d'une telle expérience dans laquelle interviennent des phénomènes de fatigue et où la variation de surface du pieds avec la charge n'a pu être efficacement suivie, les quelques points expérimentaux obtenus se placent dans la zone des erreurs admissibles autour de l'exponentielle théorique.

Les relations entre la fréquence des ondes pédieuses et les caractéristiques mécaniques du Gastéropode nous laissent donc entrevoir, par leur indépendance probable des données spécifiques, des relations fondamentales de l'énergétique des contractions musculaires, puisque la puissance développée se montre avec une certaine généralisation ne dépendre que du nombre de contractions par unité de temps, et des dimensions de l'organe producteur de travail.

EMBRYOLOGIE. — *La valeur comparée et le déterminisme des signes principaux de la contraction myotomique aneurale observée chez les embryons de Sélaciens* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*). Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Henneguy.

Les observations recueillies, tant sur le cœur des différents animaux que sur les chaînes myotomiques des Sélaciens [2], pendant la période embryonnaire, mettent en relief deux caractères du mouvement aneural qui, en dehors de toute intervention expérimentale, peuvent servir de base et de contrôle à la découverte dans la nature de fonctionnements semblables; ce sont le renouvellement rythmé et l'allure invariable des déplacements. Les

---

(1) F. Vlès, *Bull. Soc. zool. Fr.*, t. 23, 1908, p. 175.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 369; *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 81, 1918, p. 534 et 585.

muscles du squelette, chez les Sélaciens, donnent, à la seule inspection, des renseignements très nets, qu'il est utile de comparer à ceux qui sont apportés par l'examen du cœur. Les dispositions anatomiques ne sont pas les mêmes dans les deux cas. Le cœur est un organe tubulaire; il présente de bonne heure des sinuosités; il se divise rapidement en cavités distinctes; l'onde propagée s'accuse à la fois par le rétrécissement du calibre et par le parcours des globules sanguins. Les bandes myotomiques sont pleines; elles ont une disposition rectiligne et longitudinale; elles présentent une plus grande étendue que le tube cardiaque; leur situation sous-cutanée permet de voir au microscope le raccourcissement particulier de chaque segment; la déviation latérale du corps est bien apparente et la tête forme un indice naturel qui signale et mesure, à chaque instant, l'intensité de la contraction; la fixation de la région moyenne de l'embryon au vitellus immobile oblige le corps élastique à revenir, toujours, au point de départ du mouvement et assure ainsi la valeur des observations. La contraction myotomique peut être prise comme type d'un fonctionnement aneural; en analysant ses caractères, je tenterai d'établir leur signification.

1° *Le renouvellement rythmé* est la propriété fondamentale d'une fonction musculaire aneurale; il traduit la qualité spéciale du muscle qui le rend capable d'initiative. Le mouvement produit se rapporte à deux processus : *a, la contraction initiale; b, la propagation de l'onde à toute l'étendue du muscle actif;* la première suscite la seconde par l'effet de son excitation. La contraction naît en un seul point, jamais en bloc, et, de là, se propage dans toutes les directions; cela ne signifie pas que le pouvoir d'initiative est borné à une seule région, mais que, parmi les territoires actifs, l'un d'eux a une révolution plus courte, se contracte plus vite et détermine l'excitation des autres (Loeb, 1899). La section expérimentale d'une chaîne myotomique en plusieurs tronçons dévoile, en effet, que plusieurs de ces tronçons sont capables de battre pour leur propre compte.

Tandis que le cœur montre une polarité constante, une origine toujours sinusienne du mouvement, les bandes myotomiques présentent, au contraire, un déplacement du territoire où naît la contraction. Le myotome « initiateur » n'occupe pas toujours le même rang; ainsi, le point de départ du mouvement, placé d'abord derrière l'oreille, se trouve à la fin de la période aneurale au 10e myotome post-auriculaire; il recule, avec l'âge, dans le sens crânio-caudal, celui où naissent à l'activité les myotomes et où s'opèrent les progrès de leur différenciation.

Le rythme est absolument régulier en milieu favorable et constant. Chaque bande myotomique, indépendante de sa voisine et de toute stimulation venue d'un autre appareil, puise les éléments de son activité à l'inté-

rieur de l'organisme et en traduit avec exactitude l'état général, par la vitesse de son fonctionnement; elle ne connaît pas la fatigue, et ne s'arrête jamais; en l'absence d'une circulation sanguine suffisante et d'une barrière tégumentaire épaisse, elle est particulièrement sensible aux conditions qui influent sur les échanges, telles que la quantité d'oxygène et surtout la température (¹).

2° Le deuxième caractère d'un mouvement aneural, observé sur le vivant, est son *allure invariable, à une époque donnée, dans un milieu constant.* L'ampleur du déplacement résulte à la fois de la contraction initiale et de l'onde propagée. La première n'existe jamais seule et, dès le début, on voit le resserrement successif de plusieurs myotomes. Quand le déplacement est étendu (stade I), on distingue, dans la vague de contraction, deux ondes; l'une se voit à son début, c'est *l'onde de propagation*, l'autre, quand elle atteint son summum, c'est *l'onde de flexion maximale;* la première marque, par une déviation légère, la frontière entre le territoire activé et la région encore inerte; elle se place à l'extrémité des branches fléchies; la seconde est constituée par le déplacement du fond de la courbe, qui n'a lieu qu'à la détente du premier myotome contracté. Tant que dure la contraction de celui-ci, la première courbe se prononce; elle reste, à l'époque aneurale, *la courbe maximale ou principale;* puis le fond de la courbe s'étale, s'élargit, tandis que les branches latérales s'éloignent l'une de l'autre, en diminuant l'ampleur de leur déviation. La courbe maximale est le résultat global de la contraction du myotome initiateur et des contractions partielles des myotomes voisins qui, pendant la durée de la contraction initiale, sont touchés par l'onde de propagation; son point culminant désigne toujours le lieu d'origine du mouvement.

L'onde de propagation est le premier effet visible de l'excitation causée par la contraction initiale; j'ai montré que la conduction très rapide de cette stimulation s'effectuait indépendamment de toute action mécanique, telle qu'un tiraillement de chaque myotome par la contraction du myotome précédent (²); le muscle aneural est, par suite de son irritabilité propre, à la fois conducteur et automatique.

Le rythme est indépendant de l'étendue et de la puissance des contractions, mais la forme du mouvement varie avec la croissance, c'est-à-dire avec la quantité de substance musculaire mise en jeu. Il y a lieu de distinguer l'augmentation du muscle en épaisseur et en hauteur, qui renforce le

---

(¹) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 83, n° 34.
(²) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 83, 1920, p. 1029.

myotome sur place, et l'accroissement en longueur, qui prolonge la durée de l'ondulation sans augmenter la profondeur des courbes.

L'allure générale du mouvement dépend beaucoup de la température. A celle des fonds naturels, la durée de la détente est longue par rapport au temps de la contraction; à 12° C., température moyenne de l'habitat dans la Manche, la détente dure 10 fois environ le temps que met à se fermer la courbe maximale de flexion; à 14°,5 C.; moyenne des températures aux lieux d'élevage dans la Méditerranée, le rapport entre les temps de contraction et de repos est encore de 1 à 8.

Mais ce qui donne aux mouvements d'ensemble du corps, chez les embryons de Sélaciens, leur caractère essentiel, c'est qu'ils résultent à la fois de deux contractions rythmées, appartenant chacune à une chaîne myotomique latérale; la différence de leur rythme, en milieu constant, détermine, comme je l'ai précédemment signalé, une suite ininterrompue de combinaisons bilatérales qui se reproduisent d'une manière cyclique; le moindre trouble dans l'ordre accoutumé de leur succession décèle, en période aneurale (stades G, H, I de Balfour), un changement des conditions externes, et plus tard (stade K), en milieu constant, le début de l'intervention nerveuse.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les caractères communs au Bactérium β, symbiote du* Clostridium Pastorianum *de Winogradsky, et au* B. aliphaticum non liquefaciens *de Tausz et Peter.* Note de MM. **G. Truffaut** et **N. Bezssonoff**, présentée par M. L. Maquenne.

Nos observations sur le *Clostridium Pastorianum* (¹) nous ayant conduits à une étude détaillée de son symbiote le bâtonnet β, nous avons pu constater que les propriétés les plus caractéristiques de cet organisme correspondent à celles du *B. aliphaticum non liquefaciens* isolé de la terre en 1919 par Tausz et Peter (²).

Les colonies du bâtonnet β, obtenues par ensemencement sur gélose dans des boîtes de Petri, sont blanches, à bord lisses, à reflets humides et correspondent exactement à la description et aux photographies données par Tausz et Peter de leur *B. aliphaticum non liq.* Les deux bâtonnets ont les mêmes dimensions : $1^{\mu},5$ à $2^{\mu}$ de longueur sur $0^{\mu},5$ à $0^{\mu},8$ de largeur, et présentent une grande mobilité.

Le bâtonnet β peut se développer dans un milieu exclusivement composé

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1278, et t. 171, p. 268.
(²) *Centralbl. f. Bakt.*, t. 49, II, 1919.

de sels minéraux ne contenant comme source de carbone que de l'huile de paraffine commerciale; d'après Tausz et Peter, les *B. aliphaticum liq.*, *aliphaticum non liq.* et *paraffinum* se comportent de même. En 1913, Söhngen signalait l'existence de microbes non déterminés pouvant se développer dans des milieux analogues contenant de l'huile de paraffine, de la paraffine, etc.

En remplaçant l'huile de paraffine par le cyclohexane ou ses dérivés méthylés, Tausz et Peter prétendent isoler directement de la terre les deux *B. aliphaticum*, tous les autres organismes se trouvant alors éliminés. Nous avons opéré de même en partant d'une colonie symbiotique de *C. Pastorianum*, ensemencée dans un milieu renfermant :

| | pour 100 |
|---|---|
| Phosphate ammoniaco-magnésien | 0,1 |
| Sulfate de chaux | 0,01 |
| Phosphate de potasse | 0,08 |
| Chlorure de fer | trace |
| Iodure de potassium | » |

Après trois semaines d'incubation dans des flacons de $350^{cm^3}$, renfermant chacun $150^{cm^3}$ de liquide, plus $0^{cm^3},2$ à $0^{cm^3},3$ de méthylcyclohexane [de la maison Poulenc, le même qui fut employé par les auteurs allemands (1)], à 25°, nous avons pu constater par un ensemencement sur agar en boîtes de Petri un riche développement de colonies β sur la surface et de colonies symbiotiques en profondeur. En même temps nous ajoutâmes $0^{cm^3},5$ de méthylcyclohexane dans chaque flacon, procédé employé également par Tausz et Peter dans leurs cultures de *B. aliphaticum*. Au bout de six semaines, par numération dans les boîtes de Petri, nous avons trouvé dans $1^{cm^3}$ du liquide employé 2780000 *B.* β et 7200000 *B.* β en symbiose avec le *C. Pastorianum*.

Les colonies symbiotiques de ces deux microbes, développées dans la gélose après passage dans un milieu contenant du méthylcyclohexane, conservent leur forme typique en navette, mais leurs dimensions dans ce cas ne dépassent pas $0^{\mu},5$ de long sur $0^{\mu},25$ de large, se montrant ainsi de beaucoup inférieures à celles des colonies analogues obtenues par ensemencement direct des dilutions de terre.

Il est à noter que Tausz et Peter, en plus de la description des colonies de *B. aliphaticum* sur la surface de l'agar, signalent également l'existence de petites colonies ellipsoïdales se développant en profondeur. Telle qu'elle

(1) Tausz et Peter estiment que ce sont les impuretés contenues dans le cyclohexane de Poulenc qui sont assimilées par les bactéries en question.

est décrite par ces auteurs, la forme de ces colonies correspond à celle de nos colonies symbiotiques, bien qu'ils les attribuent au genre *aliphaticum*.

Le *B. aliphaticum liq.* de Tausz et Peter liquéfie la gélatine et donne sur pomme de terre des cultures brun rougeâtre; la variété *non liq.* ne liquéfie pas la gélatine et donne sur pomme de terre une culture blanchâtre qui jaunit légèrement après un certain temps. Le bâtonnet β, cultivé sur gélatine et pomme de terre, se comporte exactement comme le *B. aliphaticum non liq.*; dans un seul cas nous avons observé une race qui liquéfiait la gélatine et donnait sur pomme de terre des colonies de couleur brun orangé.

Les caractères communs que présentent dans ces cultures le bâtonnet β et le *B. aliphaticum non liquefaciens* de Tausz et Peter et dont quelques-uns, comme leur développement en présence du cyclohexane, sont très spéciaux et caractéristiques, nous permettent de penser qu'il s'agit de races voisines, peut-être même d'une seule et même race. L'absorption énergique d'oxygène observée et mesurée par Tausz et Peter dans leurs cultures des *B. aliphaticum* serait une propriété d'autant plus nécessaire pour le bâtonnet β qu'il vit en symbiose avec un anaérobie aussi strict que *Clostridium Pastorianum*.

Cette symbiose associe le *C. Pastorianum*, organisme autotrophe par rapport à l'azote, avec un organisme autotrophe par rapport au carbone, le bacille β.

MÉDECINE. — *Sur un nouveau procédé de diagnostic de la syphilis.* Note [1] de M. **Gaston Odin**, présentée par M. Edmond Perrier.

Un certain nombre d'auteurs ont constaté qu'à la suite des différents traitements antisyphilitiques en usage, les malades, au lieu de présenter une amélioration ou une disparition des accidents cutanés ou autres, présentaient une aggravation des symptômes de l'affection syphilitique, ou même l'apparition d'accidents que le malade ne présentait pas au début de son traitement. Ils en concluaient que la médication employée avait provoqué une *réactivation* permettant de conclure, dans les cas douteux, à la réalité de la maladie. Toutefois ces phénomènes de réactivation précieux pour le diagnostic n'avaient jamais pu, jusqu'à ce jour, être produits à volonté, et la seule méthode de diagnostic basée sur des faits biologiques est, depuis des années, la réaction de Wassermann; mais cette réaction n'a pas donné toutes les satisfactions qu'on attendait d'elle.

---

(1) Séance du 22 novembre 1920.

A la suite de nombreuses recherches sur les syphilitiques, je suis arrivé à instituer une méthode précise de diagnostic de la syphilis.

Cette méthode consiste à prélever dans un tube stérilisé à 180°, au four Pasteur, $50^{cm^3}$ à $60^{cm^3}$ de sang du sujet malade, à laisser reposer ce sang 24 ou 48 heures, à répartir ce sérum dans trois ampoules stérilisées, d'une contenance de $5^{cm^3}$ à $6^{cm^3}$, à y ajouter une ou deux gouttes de sang du flacon récepteur et à additionner le contenu de chacune de ces ampoules de $1^{cm^3}$ de la solution suivante :

| | |
|---|---|
| Fluorure de sodium | $1^g$ |
| Sérum physiologique à $7^g,50$ pour 1000 | $1000^g$ |

On obtient ainsi un sérum exalté qui, injecté à deux ou trois reprises à raison de une ampoule par jour pendant trois jours, provoque rapidement une exaltation des accidents existant déjà chez le malade.

On obtient même chez des syphilitiques dont les accidents avaient disparu depuis un certain temps, une réapparition de ces accidents notamment, chez les secondaires, de la roséole sur une partie quelconque du corps, le plus souvent sur la région abdominale, ou sur la région thoracique, ou des plaques muqueuses, ou les deux simultanément.

Chez les tertiaires, on obtient des syphilides papuleuses, ou des douleurs fulgurantes, ou de l'eczéma, etc. Et l'on n'obtient ces résultats que chez les syphilitiques, même chez des individus n'ayant jamais eu d'accidents et ignorant leur syphilis.

Le nombre des malades sur lesquels j'ai appliqué cette méthode est d'environ une centaine et chez tous j'ai toujours obtenu des résultats.

J'ajoute que certains malades sont si sensibles que l'injection de leur propre sang non additionné de la solution fluorée donne les mêmes résultats.

On pourrait craindre qu'il y ait un danger à réactiver ainsi une affection comme la syphilis, mais dès que les accidents apparaissent, il suffit de traiter les malades par les méthodes en usage pour qu'ils disparaissent.

M. **Louis Maillard** adresse une Note intitulée : *Mise au point des cosmogonies nébulaires.*

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 6 DÉCEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DE LA COMMISSION ADMINISTRATIVE.

A la majorité absolue des suffrages, M. **E. Bertin** est élu vice-président pour l'année 1921.

A l'unanimité des suffrages, MM. **P. Appell** et **Ed. Perrier** sont réélus Membres de la Commission administrative pour l'année 1921.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 3 décembre 1920, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **J.-L. Breton** pour occuper, parmi les Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Ad. Carnot.*

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **J.-L. Breton** prend place parmi ses confrères.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réaction mutuelle de l'acide oxalique et de l'acide iodique : influence de la chaleur et de la dilution.* Note de M. **Georges Lemoine**.

L'acide oxalique et l'acide iodique dissous dans l'eau se décomposent : il se dégage de l'acide carbonique, et l'iode, très peu soluble, devient libre : la réaction, exothermique, est irréversible :

$$C^2H^2O^4 + \frac{2}{5}IO^3H = 2CO^2 + \frac{2}{5}I + \frac{6}{5}H^2O. \quad (1)$$

*Anciennes expériences de Millon* [1]. — Leurs données sont intéressantes, mais sans précisions suffisantes. A la température de 10°, il n'y a rien de sensible après 20 heures. Entre 18° et 22°, l'iode réduit n'apparaît qu'après 3 ou 4 heures, et il faut de 4 à 5 jours pour brûler $1^g$ d'acide oxalique. A 60°, quelques minutes suffisent. La proportion relative d'acide oxalique n'a pas d'influence. Quelques millièmes d'acide cyanhydrique arrêtent complètement la réaction, même à 60° et 80°.

La lumière accélère la réaction : à 10° au soleil elle a la même énergie qu'à 25° à la lumière diffuse; les moindres variations des rayons solaires font sentir leur influence.

La mousse de platine accélère beaucoup la réaction : le gaz dégagé augmente avec le poids de catalyseur, sans lui être proportionnel.

*Organisation des expériences.* — On préparait des solutions normales, binormales, $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$ normales, soit, par litre de solutions normales,

$$\frac{1}{2}(C^2O^4H^2 + 2H^2O) = 63^g \qquad \text{et} \qquad IO^3H = 176^g \text{ (dont } 127^g \text{ d'iode).}$$

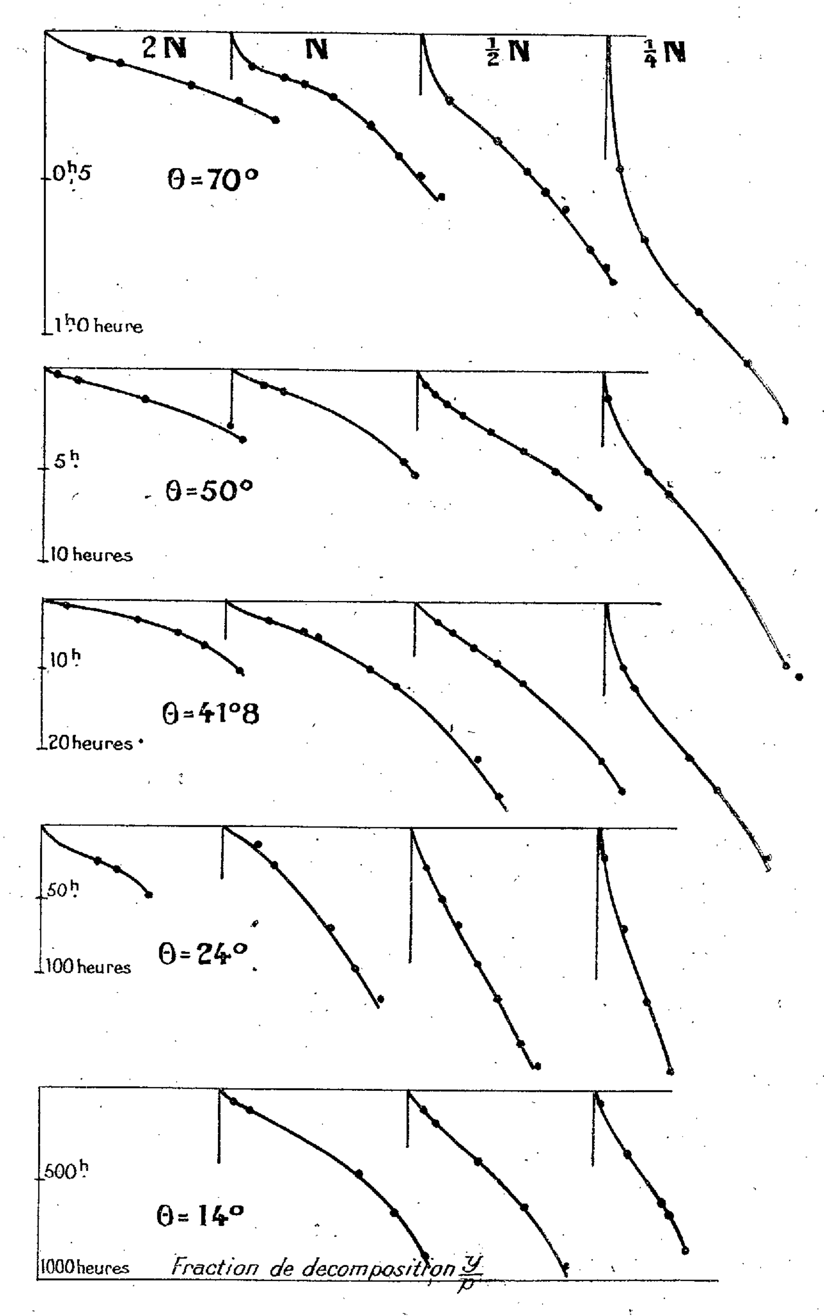
On satisfait à l'équation (1) de la réaction en mélangeant $25^{cm^3}$ d'acide oxalique normal et $5^{cm^3}$ d'acide iodique normal : le volume d'acide que peut dégager ce mélange est $587^{cm^3}$ (à $760^{mm}$ et 15°).

La réaction se faisait dans des tubes de $15^{mm}$ environ de diamètre chauffés dans un bain d'eau d'environ $12^l$, maintenu par des régulateurs à température constante. Le gaz était recueilli et mesuré sur de la glycérine à 28° $B^é$. Dans les expériences définitives, on saturait préalablement les liquides séparés avec de l'acide carbonique : si cette précaution n'avait pas été prise, on tenait compte du gaz dissous d'après la solubilité.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. 13, 1845, p. 29.

La décomposition a été aussi mesurée par un essai alcalimétrique.




Les graphiques ci-dessus indiquent les résultats aux températures θ.

*Vitesse de la réaction dans son allure définitive.* — La réaction, après un retard plus ou moins long, prend un état de régime définitif dont la vitesse suit la loi des réactions dites *bimoléculaires* ou de *deuxième ordre*.

Soient $p$ le poids du mélange actif, $y$ le poids décomposé au temps $t$, K une constante; on a, pour une température et une dilution donnée,

$$d\frac{y}{p} = \mathrm{K}\left(1 - \frac{y}{p}\right)^2 dt. \tag{2}$$

Avec $t = 0$ pour $\frac{y}{p} = 0$, l'intégrale serait la formule hyperbolique

$$1 - \frac{y}{p} = \frac{1}{1 - \mathrm{K}t} \tag{3}$$

et la durée de la demi-décomposition serait $\tau = \frac{1}{\mathrm{K}}$.

Si le retard est insensible, on peut calculer les résultats numériques en empruntant à l'expérience une seule donnée. S'il y a un retard à l'origine, on se guide sur le graphique et l'on ne s'occupe que de l'allure définitive. Il faut alors pour le calcul prendre deux données, une située vers le commencement de l'allure définitive, l'autre se rapprochant de la demi-décomposition.

Les résultats du calcul s'accordent suffisamment avec l'expérience tant qu'on n'est pas très près de l'épuisement.

A 50° avec $30^{cm^3}$ de liquides normaux :

| $t$ en heures à partir de l'origine. | $0^h,95$. | 1,35. | 1,53. | 1,88. | 2,03. | 2,40. | 2,83. | 3,02. | 3,68. | 4,30. | 4,63. | 5,033. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{y}{p}$ observé. | 0,090 | 0,155 | 0,177 | 0,228 | 0,250 | 0,291 | 0,342 | 0,360 | 0,409 | 0,450 | 0,474 | 0,500 |
| $\frac{y}{p}$ calculé.. | donnée | 0,157 | 0,185 | 0,234 | 0,255 | 0,295 | 0,340 | 0,361 | 0,412 | 0,456 | 0,477 | donné |

d'où

$$\mathrm{K} = 0,221, \quad \frac{1}{\mathrm{K}} = 4,53, \quad \log\frac{1}{\mathrm{K}} = 0,656, \quad \frac{y}{p} = 0 \text{ pour } t = 0^h,50, \quad \frac{y}{p} = \frac{1}{2} \text{ pour } (4^h,53 + 0^h,50) = 5^h,03.$$

*Retard de la réaction à l'origine.* — Il est général, mais très faible pour les températures élevées et les grandes concentrations. On l'observe pour d'autres réactions [1]. Il résulte des expériences suivantes :

---

[1] VELAY, *Philosophical Magazine*, t. 37, 1894, p. 165. — BUNSEN et ROSCOE, *Induction photochimique pour* (Cl + H) (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. 35, 1859, et *Philosophical Transactions*, 1863). — BERTHELOT, *Oxydation de l'argent vers* 200° (*Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 1159). — GLADSTONE, *British Association*, 1894, p. 616. — JOB, *Mobilité chimique* (*Revue de Métaphysique et de

Le liquide reste d'abord incolore, puis se colore par l'iode devenu libre : iode d'abord dissous, puis se déposant en houppes cristallines.

Le gaz ne se dégage guère immédiatement, quoique le liquide ait été préalablement saturé d'acide carbonique.

Les essais alcalimétriques conduisent à la même conclusion.

On se rend compte numériquement, tant bien que mal, de ce retard par le temps où la réaction devient appréciable, par exemple une décomposition de 0,5 pour 100 $\left(\frac{y}{p} = 0{,}005\right)$ :

| | Températures. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 70°. | 50°. | 41°,8. | 24°. | 14°. |
| | h | h | h | h | h |
| Mélange de liquides binormaux.. | 0,02 | 0,05 | 0,30 | 4,2 | » |
| » » normaux.... | 0,09 | 0,45 | 1 | 5 | 27 |
| » » ½ normaux.. | 0,12 | 0,50? | 2,7 | 16? | 50 |
| » » ¼ normaux.. | 0,30 | 0,65? | 3,4 | 18 | 150 |

*Différence du retard avec une inertie complète.* — En fait, la réaction semble commencer dès l'origine, quoique avec une extrême lenteur.

L'observation du dégagement de gaz (surtout avec de grandes quantités de liquide) montre que la réaction commence de très bonne heure, extrêmement lentement, puis s'accélère peu à peu jusqu'à son état de régime, celui des réactions bimoléculaires. On le voit sur les graphiques ci-dessus.

Un procédé de mesure très sensible est l'emploi du sulfure de carbone par des prises d'essai : on compare la couleur due à l'iode avec celles de solutions types.

$$\text{A } 24°\text{, liquides } \tfrac{1}{2} \text{ normaux} \begin{cases} t = 3^h{,}25 \quad 4^h{,}75 \quad 5^h{,}78 \\ \dfrac{y}{p} = 0{,}0003 \quad 0{,}0007 \quad 0{,}0015 \end{cases}$$

*Interprétation du retard.* — La réaction met en liberté de l'iode. Cet iode se dissout d'abord dans le liquide ($\frac{1}{6000}$ environ dans l'eau pure) : une petite partie est entraînée par le gaz, puis il se dépose de l'iode solide.

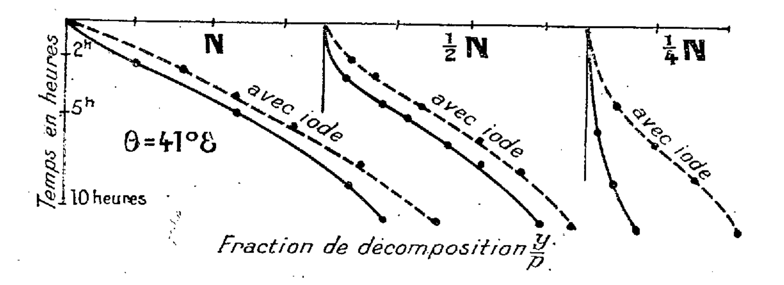
Ce dépôt solide ne peut pas intervenir chimiquement, car il est en dehors du champ proprement dit de la réaction. Mais l'iode dissous, intimement

---

*Morale*, 1911, p. 84). — HÉBIER, *Combinaisons gazeuses* (*Annales de Chimie et de Physique*, t. 10, 1897). — G. BAUME, *Mécanisme des réactions* (*Annales suisses des Sciences physiques et naturelles*, novembre 1912; *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 774, et t. 158, 1914, p. 1177). — BERGER, $NH^4Cl$ *et* $NO^2Na$ (*Bull. de la Soc. chimique*, t. 31, 1904, p. 662). — BOUTARIC, *Action du* $C^2H^2O^4$ *sur* $MnO^4K$ (déjà étudiée par Harcourt et Esson) (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 711).

en contact avec les réactifs, concourt à l'équilibre chimique et provoque la décomposition; à mesure qu'il augmente, la réaction s'accélère. Quand la solution est saturée, les conditions ne changent plus : il n'y a plus accélération et alors la formule bimoléculaire doit s'appliquer (¹).

Pour contrôler cette interprétation par l'expérience, j'avais d'abord fait des déterminations comparatives avec deux mélanges, en mettant dans l'un d'eux une parcelle d'iode. Les résultats furent identiques, car l'iode n'avait pas été agité : la solution était nulle ou très incomplète. Mais, en maintenant très longtemps de l'iode très divisé dans l'un des liquides à la température employée et en soumettant fréquemment à une forte agitation, il n'y eut presque plus de retard, comme l'indiquent les graphiques ci-dessous.




*Expression mathématique du retard*, d'après cette interprétation. — Soit $j$ le poids d'iode correspondant à la saturation du liquide. Nous admettrons que la vitesse est d'abord proportionnelle au poids $y$ d'iode mis en liberté et restant dissous : dès lors, K′ étant une constante,

$$\frac{d\frac{y}{p}}{dt} = \mathrm{K}' \frac{\left(\frac{y}{p}\right)}{\left(\frac{j}{p}\right)} \left(1 - \frac{y}{p}\right)^2.$$

Lorsque $y$ devient égal à $j$, on a $\frac{y}{j} = 1$ : au delà cette formule ne s'applique plus et l'on retombe sur la formule bimoléculaire ordinaire.

(¹) Déjà Millon (*loc. cit.*) admettait deux phases distinctes : 1° oxydation de $C^9H^2O^4$ par $IO^3H$, mais infiniment petite; 2° oxydation avec le concours de l'iode. Il ajoutait que le dégagement de gaz est plus abondant si l'on commence la réduction de $IO^3H$ en précipitant un peu d'iode par quelques gouttes d'acide iodhydrique (iode extrêmement divisé, qui peut se dissoudre rapidement).

L'intégration donne, avec les logarithmes vulgaires :

$$\log \frac{\frac{y}{p}}{1-\frac{y}{p}} + 0,4343 \frac{1}{1-\frac{y}{p}} = \frac{K' \times 0,4343}{\frac{j}{p}} t + \text{const.},$$

ce qui permet de construire la courbe en prenant deux données des observations pour calculer la constante et la valeur de $j$.

Cette formule rend compte des particularités observées, notamment du grand retard observé pour les solutions très étendues.

*Influence de la température* (entre 14° et 70°). — La vitesse de la réaction augmente très rapidement avec la température, si rapidement que les déterminations expérimentales très précises sont difficiles.

Pour coordonner les observations, la manière la plus commode est de prendre comme indicateurs les logarithmes de la constante K qui exprime la vitesse de la réaction et dont l'inverse correspond, d'après (3), à la durée de la demi décomposition (s'il n'y avait pas de retard). On dresse un graphique en prenant log K pour ordonnées et les températures $\theta$ pour abscisses. La ligne obtenue diffère peu d'une droite pour les différentes dilutions étudiées. Avec les liquides normaux, on peut admettre

$$\log \frac{1}{K} = -\log K = 3,50 - 0,057\,\theta.$$

Il en résulte que, pour 10° d'augmentation (coefficient de température), K devient à peu près quatre fois plus grand [1].

*Influence de la dilution* (entre 14° et 70°). — Elle a été déterminée par des expériences comparatives avec les liquides 2N, N, $\frac{1}{2}$N, $\frac{1}{4}$N. Pour chaque dilution, on construit la courbe représentant log K en fonction de la température $\theta$. Ce sont des droites parallèles. Il semble qu'on peut prendre les formules suivantes :

---

(1) Sur le coefficient de température, voir ARRHENIUS, *Zeit. phys. Chemie*, t. 4, 1889, p. 226. — G. LEMOINE, $C^2H^2O^4$ *et* $Fe^2Cl^6$ (*Ann. de Chimie et de Physique*, t. 30, 1893, Chap. II, § 2). — VAN'T HOFF, *Leçons de Chimie physique*, 1re Partie, 1898, p. 228 : il admet un coefficient compris entre 2 et 3 (réactions monomoléculaires). — TRAUTZ et VOLKMANN, *Bull. Soc. chimique*, août 1909. — DANIEL BERTHELOT, *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 440. — DHAR, *Ann. de Chimie*, avril 1919.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Liquides binormaux | $\log \frac{1}{K} = -\log K =$ | $3,20 - 0,057\,\theta$ |
| » normaux | » | $3,50 - 0,057\,\theta$ |
| » $\frac{1}{2}$ normaux | » | $3,75 - 0,057\,\theta$ |
| » $\frac{1}{4}$ normaux | » | $3,95 - 0,057\,\theta$ |

et alors, tous calculs faits, K est presque proportionnel à la concentration.

*Réflexions générales.* — La réaction étudiée ici progresse si lentement à de très basses températures et avec de très grandes dilutions qu'on pourrait croire qu'elle ne se produirait pas (pour les liquides $\frac{1}{4}$ normaux, il faut environ 3 mois pour la demi-décomposition vers 14°).

Il est probable qu'il en est de même dans la nature pour des réactions inaperçues où la période d'inertie et la lenteur sont encore plus accentuées. Le temps ne compte pour rien dans les phénomènes naturels.

GÉOLOGIE. — *Le lambeau de recouvrement du mont Jovet, en Tarentaise; les Schistes Lustrés au nord de Bourg-Saint-Maurice.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Wilfrid Kilian**.

A quelques kilomètres à l'est de Moutiers, le haut pays qui sépare les vallées de l'Isère et du Doron est couronné par un massif calcaire d'aspect uniforme, aux arêtes émoussées, aux croupes arrondies couvertes de pâturages, aux escarpements grisâtres montrant, de loin, des strates presque horizontales. C'est le massif du mont Jovet. Il est large, dans le sens Est-Ouest, d'environ $5^{km},5$. Sa crête, un peu sinueuse, ondule entre $2300^{m}$ et $2600^{m}$ d'altitude. Le sommet même du Jovet est à la cote 2563.

Sur la carte géologique à l'échelle de $\frac{1}{80000}$ (feuille *Albertville*), le massif est représenté en Lias inférieur et entouré d'un liseré de Trias. A sa base, au Nord, il y a une bordure de serpentine. Sa forme générale contraste avec le dessin géologique du pays sous-jacent, où l'on voit un faisceau de plis dirigés vers le Nord-Nord-Est; cette forme est celle d'un *lambeau de recouvrement* qui *flotterait* sur un pays de plis. L'impression de recouvrement, de charriage, est encore plus nette quand on regarde la carte géologique à l'échelle de $\frac{1}{1000000}$.

Marcel Bertrand a traité du mont Jovet dans son Mémoire de 1894 (¹).

(¹) Marcel Bertrand, *Études dans les Alpes françaises* (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. 22, 1894, p. 96-101).

Il confirme l'attribution des assises au Lias, déjà proposée par Potier; mais il fait remarquer que ce Lias est cristallin, métamorphique, surtout dans sa partie basse et surtout vers l'Est. Il signale que l'allure d'ensemble est horizontale et tranquille, et que, cependant, le froissement des assises, dans le détail, est extraordinaire; que, tout autour, le Trias, avec une pente faible, plonge sous le Lias, mais qu'il semble y avoir, dans ce contact des deux terrains, interposition d'un pli anticlinal écrasé, formé de serpentine et de calcaires phylliteux triasiques. Le mont Jovet, conclut-il, est un noyau synclinal ouvert entre les deux branches étirées d'un même pli anticlinal. Plus tard, dans nos conversations, Marcel Bertrand abandonnait volontiers cette conclusion provisoire et déclarait ne pas faire d'objection à l'idée que le mont Jovet fût un lambeau de Schistes Lustrés charrié sur les plis briançonnais. Le moment est venu de résoudre la question d'une façon définitive. C'est à quoi nous nous sommes employés pendant quelques journées du mois de septembre dernier.

Les calcaires du mont Jovet sont un ensemble, épais d'au moins 500$^{m}$, peut-être de 600$^{m}$, très homogène, très distinct du Trias sur lequel il est posé. Il a bien l'allure générale horizontale, et, dans le détail, le plissotement extrême remarqués par Marcel Bertrand. La base de l'ensemble est, à peu près, un plan horizontal à une cote voisine de 2100. Ce qui domine, dans ce paquet calcaire, c'est un calcaire noir cristallin, gris de souris à l'extérieur, un peu siliceux, en bancs de quelques centimètres, ou de quelques dizaines de centimètres, séparés par des feuillets de calcschistes luisants, souvent cariés, à nombreux lits de quartz. Ces calcschistes sont noirs et ressemblent aux calcschistes micacés des Schistes Lustrés, sans être aussi cristallins. Il y a aussi des feuillets de schistes luisants de couleur claire, gris verdâtre, ou même presque blancs, où se développe de la séricite; mais il n'y a pas de véritables micaschistes. Enfin, on observe beaucoup de bancs calcaires, gris clair dans la cassure, très siliceux, en plaquettes rugueuses, simulant parfois des quartzites; ces bancs de calcaires siliceux ont une patine jaune sale et rappellent certaines assises du Flysch nummulitique de la région. Tout cela alterne. Partout, les bancs sont plissés, froissés, contournés, et se cassent en des lames qui ont des formes de tuiles ou de surfaces gauches quelconques. Nulle part nous n'avons vu de fossiles. L'aspect général est celui des Schistes Lustrés, mais avec un métamorphisme incomplet, une cristallinité moindre, et aussi une prédominance des calcaires sur les schistes qui n'est pas habituelle dans les Schistes

Lustrés. L'analogie est grande, cependant, avec les roches du Passo della Mulatiera, près de Bardonnèche, qui sont des Schistes Lustrés incontestables, encore que la cristallinité y paraisse moindre qu'ailleurs ([1]).

Au col étroit situé tout en haut du ravin de la Lovetière (col que les bergers appellent la Grande-Forclaz, la Grande-Forclaz de la carte d'État-Major étant, pour eux, la Petite-Forclaz), on voit la base du paquet de calcaires du mont Jovet et le rapport de ce paquet avec le Trias sous-jacent.

Cette base est formée d'un banc de serpentine laminée, vert jaunâtre, vert clair ou noire, mélangée à du marbre blanc et surmontée immédiatement par les calcaires gris du type habituel. Le banc de serpentine peut avoir $20^m$ d'épaisseur, peut-être $30^m$. Il repose sur des calcaires triasiques *cargneulisants* et sur des gypses. La serpentine est laminée de façon extraordinaire, parfois transformée en schistes verts, parfois en une sorte d'amiante. Le mélange *originel* de calcaire marmorisé blanc et de serpentine est devenu une mylonite. Certains bancs sont brisés en menus fragments recimentés par de la calcite secondaire. Au col même, une déchirure du manteau vert de serpentine montre, en dessous, la cargneule, blanche ou jaune pâle, très mylonitique à la surface. Cette surface est arrondie et comme usée. La mylonite renferme des fragments cassés de calcaire siliceux blanc, jouant le quartzite et cimentés par de la calcite. Des veines de quartz traversent tout cela. A l'est du col, plusieurs petits dômes de cargneules apparaissent, de la même manière, dans des trous du manteau vert sombre ; sur le versant Sud, et à peu de distance du col, le manteau de serpentine est troué par des entonnoirs au fond desquels on voit du gypse.

Le banc vert de serpentine, toujours à la base du paquet des calcaires du mont Jovet, affleure en plusieurs points sur le versant Ouest du vallon de la Lovetière, à une cote voisine de 2100. On le voit reposer sur des gypses (entonnoirs). ou sur des cargneules mylonitiques (près du Biolay); il a partout les mêmes caractères qu'au col, laminage, et mélange mylonitique avec un marbre blanc. Deux autres affleurements, visibles l'un et l'autre sur une grande longueur, du même banc vert, s'observent sur les deux versants du vallon des Frasses, également à une cote voisine de 2100. Rien n'indique mieux l'horizontalité d'ensemble du paquet que cette constance du niveau de base.

Partout où le contact est visible, il se présente comme un contact anormal.

---

([1]) Pierre Termier et Wilfrid Kilian, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 889.

Le paquet des calcaires du mont Jovet repose sur le Trias, en concordance apparente, Trias formé, près du contact, de gypses ou de cargneules, ou de calcaires blancs passant à des cargneules; mais il y eu traînage du paquet sur son substratum triasique, comme en témoignent les mylonites des deux terrains au contact, et surtout l'écrasement et le laminage du banc de serpentine et du banc de marbre blanc qui constituent la base du paquet traîné. Marcel Bertrand a bien vu ces phénomènes d'écrasement et de mélange mécanique; seulement, voulant admettre que tout fût *en place*, il a fait appel à l'hypothèse, bien invraisemblable aujourd'hui, d'un synclinal liasique *amygdalaire* s'ouvrant dans un anticlinal dédoublé et façonné en éventail. La réalité est tout autre. Il n'y a pas d'anticlinal écrasé dans le contact. Le paquet des calcaires du Jovet est indépendant de son socle de Trias : c'est un lambeau de recouvrement, venu d'ailleurs, flottant sur un pays plissé.

On voit clairement, sur la carte géologique, que, dans le traînage du lambeau sur son substratum, il y a eu entraînement partiel, inégal et capricieux, du Trias. L'allure lenticulaire des quartzites du Trias inférieur, entre les cargneules et le Houiller, au sud, au sud-ouest, au nord-ouest et au nord-est du mont Jovet, en est la preuve manifeste. C'est à l'entraînement du Trias qu'est due l'apparente concordance des assises du lambeau charrié et des assises du substratum. Dès que l'on descend, soit vers le Nord, soit vers le Sud, dans le Houiller qui supporte le Trias, le style tectonique de ce Houiller apparaît profondément différent du style, quasi horizontal, du lambeau de recouvrement et du Trias qu'il écrase et entraîne sous lui.

D'où vient ce lambeau de recouvrement? Est-il un témoin avancé, sorte d'*enfant perdu* de la *nappe des Schistes Lustrés* de la Haute-Tarentaise, de la Haute-Maurienne, du Haut-Queyras? C'est l'hypothèse qui vient la première à l'esprit. Ou bien vient-il d'une région plus *externe* des Alpes, et est-il un témoin d'un *repli en arrière*, assez brusque pour être disharmonique, de la *nappe briançonnaise* ou *nappe du Grand-Saint-Bernard?* Hypothèse moins simple, tectoniquement, que la première, mais qui va mieux avec le semi-métamorphisme des assises charriées. Pour essayer de trancher cette question, nous avons dû reprendre l'étude des Schistes Lustrés qui affleurent, accompagnés de roches vertes, au nord de la bande houillère de Tarentaise.

En remontant la vallée du Versoyen de Bourg-Saint-Maurice à Bonneval-

les-Bains (¹), puis celle du Torrent des Glaciers de Bonneval aux Chapieux, on voit se succéder, en série renversée, le Houiller, le Trias (cargneules), puis un système de schistes liasiques comprenant l'assise des marbres du Châtelard, enfin de nouveaux schistes liasiques (non métamorphiques) renfermant une masse intrusive de roche verte (déterminée par l'un de nous, autrefois, comme mélaphyre recristallisé). Vers Bonneval, cette série passe *insensiblement* à des Schistes Lustrés typiques, dont certains bancs sont hautement métamorphiques, alternant avec des lits gréseux et microbréchiformes, et contenant, dans les environs des cols des Rousses et de Broglie, des amas de roches vertes. En continuant de monter vers les Chapieux, on observe que les Schistes en question alternent avec de gros bancs de *brèche polygénique* à ciment cristallin et séricitcux et reposent sur les marbres du Lias (type des Etroits du Ciex et de Villette); que ceux-ci surmontent eux-mêmes le Trias; enfin que, sous le Trias, apparaît en un point (Crey-Bettex) le Houiller non métamorphique et indiscutable. La série isoclinale que nous venons de décrire, manifestement formée par les multiples replis de la couverture mésozoïque du Houiller, se prolonge : d'une part, en Italie (Crammont, Grande-Golliaz, etc.), où M. Franchi y a signalé des *Bélemnites*, en arrière de la zone Sion-Val-Ferret; d'autre part, au Sud-Ouest, vers le mont Roignaix, Aime et la base ouest du socle du mont Jovet, en arrière de la zone des Aiguilles d'Arves et de ses brèches éogènes.

Le faciès métamorphique Schistes Lustrés existe donc, en France, sur le bord nord de cette zone (²). Il s'y mélange avec un faciès semi-métamorphique qui rappelle celui des calcaires du mont Jovet, et avec le faciès non métamorphique du Lias, dans lequel alternent les schistes calcaires et les brèches polygéniques; et il semble bien qu'il y ait, là, tous les passages entre les trois faciès, par augmentation graduelle, parfois rapide, de la cristallinité. Les Schistes Lustrés de Bonneval-les-Bains seraient, tout au moins dans leur partie inférieure, une transformation latérale, par métamorphisme, de ce Lias alpin à la fois schisteux et bréchiforme que l'un de nous a appelé le *type mixte* du Jurassique intra-alpin; et la ressemblance de certains d'entre eux aux calcaires du Jovet conduirait à penser que Potier et Marcel

(¹) W. Kilian et C. Jacob, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 802 et 853.
(²) Observation déjà faite par Marcel Bertrand (feuille *Albertville* de la Carte géologique et Notice explicative de cette feuille, 1897).

Bertrand ont eu raison d'attribuer ces derniers au Lias. Mais rien ne permet d'affirmer que l'âge des Schistes Lustrés de Bonneval soit exclusivement liasique. Les brèches ([1]), qui forment des intercalations répétées dans la partie haute de l'ensemble schisteux de Bonneval, rappellent beaucoup les brèches à *Nummulites* de la zone des Aiguilles d'Arves (Villarclément), sans qu'on y ait cependant trouvé, jusqu'ici, aucun fossile tertiaire; par contre, celles de la base du complexe schisteux se relient nettement aux brèches calcaires à *Bélemnites* du Lias (brèche du Télégraphe W. K). Il est donc possible que le sommet de la série des Schistes Lustrés de Bonneval appartienne à l'Eogène. En tout cas, la présence de nombreux bancs de brèche semble indiquer, dans cette région septentrionale de la Tarentaise, un faciès plus littoral et un régime de sédimentation plus troublé que dans les pays classiques de Schistes Lustrés. Si l'on considère que, en Valais, les Schistes Lustrés apparaissent au sein des nappes, plus *extérieures* encore, du Simplon, on demeurera convaincu du non-parallélisme, dans les Alpes, des zones isopiques et des unités tectoniques.

Mais revenons à la question de l'origine du lambeau de recouvrement du mont Jovet. On n'observe, dans ce lambeau, aucune intercalation bréchiforme. Cette absence totale des brèches, alors qu'elles sont si nombreuses dans la bande de Bonneval, suffit à rendre tout à fait invraisemblable l'hypothèse d'une liaison tectonique entre le mont Jovet et le prolongement Sud-Ouest de ladite bande. Le lambeau du Jovet ne vient ni du Nord-Ouest, ni de l'Ouest; il n'appartient ni à un repli en arrière de la nappe briançonnaise, ni à un semblable repli de la nappe des Aiguilles d'Arves. Il faut donc qu'il vienne de l'Est ou du Sud-Est; qu'il appartienne au pays des Schistes Lustrés sous lequel s'enfonce, à l'Est, la nappe briançonnaise; qu'il soit un témoin, charrié, d'une région un peu particulière de ce pays, région où manquaient les brèches, où dominaient les calcaires et où le métamorphisme était resté inachevé.

---

([1]) W. Kilian et C. Jacob, *loc. cit.*

SPECTROSCOPIE. — *Tableau des raies de grande sensibilité des éléments, destiné aux recherches analytiques.* Note de M. **A. de Gramont.**

A la suite de travaux effectués pendant ces dernières années pour divers Services ou Industries intéressant la Défense Nationale, il m'a été demandé de plusieurs côtés de donner communication des longueurs d'ondes des raies de grande sensibilité, ou des raies ultimes des différents corps simples dont la recherche m'avait été imposée. Bien que, pour plusieurs corps, la spécification des raies ultimes soit encore incertaine ou incomplète, ou que mes études n'aient porté que sur une partie du spectre, j'ai cru de quelque utilité de présenter ici les données déjà réunies. Elles pourront servir aux recherches chimiques.

Ces raies ont été obtenues dans l'étincelle condensée, et y sont présentes sans ou avec self-induction; elles ont été reconnues, aussi bien par l'analyse directe sur les métaux, les alliages et les minéraux conducteurs, que par la méthode des sels alcalins en fusion avec les minéraux non conducteurs ou les précipités pulvérulents. Ces raies se trouvent aussi parmi les plus fortes de l'arc, et beaucoup d'entre elles sont présentes dans le spectre du chalumeau oxyacétylénique qui, pour certains éléments placés dans sa flamme, ne donne aucun spectre, ou bien un spectre de bandes seulement.

Les raies ultimes sont désignées ici par les symboles $u_1$, $u_2$, $u_3$ désignant leur ordre de persistance, $u_1$ étant la dernière à disparaître.

Les raies les plus sensibles sont imprimées en caractères gras : **3961,5**; et celles dont la sensibilité vient immédiatement après, en caractères elzévirs : 5465,5.

Les dispositifs électriques et les spectrographes employés ont été déjà décrits ici dans une Communication sur le spectre du titane ([1]). On trouvera aussi, dans une Note antérieure ([2]), des observations sur les variations de sensibilité que peuvent présenter les raies ultimes en passant d'une source lumineuse à une autre.

Les longueurs d'ondes du Tableau sont exprimées ici en unités d'Angström internationales.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 94.
([2]) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 5.

## Raies de grande sensibilité et raies ultimes des éléments, DANS LES SPECTRES DE DISSOCIATION.

| | | A l'observation oculaire : | Par la photographie : Spectrographe *crown uviol.* | Par la photographie : Spectrographe *quartz.* |
|---|---|---|---|---|
| Aluminium | | 6245,1; 6233,8 | **3961,5**$_{u_1}$; **3944,0**$_{u}$ | 3092,7; 3082,2 |
| Antimoine | | | 3267,5; 3232,5 | **2598,1**$_{u}$; **2528,5**$_{u}$; 2311,5 |
| Argent | | 5465,5; 5209,1 | **3383,0**$_{u_2}$; **3280,7**$_{u_1}$ | 2437,7 |
| Argon | [1] | | | |
| Arsenic | | | | 2860,5; **2780,2**$_{u}$; 2745,0; **2349,8**$_{u}$; 2288,1 |
| Azote | [2] | | | |
| Baryum | | 5535,5 | **4934,1**$_{u_2}$; **4554,0**$_{u_1}$; 3891,8 | 2335,3 |
| Bismuth | | 4722,5 | | **3067,7**$_{u_1}$; 2989,0; 2938,3; **2898,0**$_{u_2}$; 2780,5 |
| Bore | | | 3451,4 | **2497,7**$_{u}$; **2496,8**$_{u}$ |
| Brome | [2] | | | |
| Cadmium | | 6438,5; 5085,8; 4800,0 | 3610,5; 3261,1 | 2748,6; **2288,0**$_{u_2}$; **2265,0**$_{u_1}$; 2144,4 |
| Cæsium | | | **4593,2**$_{u}$; **4555,4**$_{u}$ | |
| Calcium | | | **4226,7**$_{u_3}$; **3968,5**$_{u_2}$; **3933,7**$_{u_1}$ | |
| Carbone | | | 4266,9 | **2478,6**$_{u}$; 2296,9 |
| Celtium | [3 | | | 2685,2 |
| Cérium | [4] | | 4186,6; **4040,9**$_{u}$; **4012,6**$_{u}$ | |
| Chlore | [2 | | | |
| Chrome | | 5208,4; 5206,1; 5204,5 | 4289,7; 4274,8; **4254,3**$_{u}$; **3605,3**$_{u}$; **3593,5**$_{u}$; 3578,7 | |
| Cobalt | | 5353,5; 5342,7 | **3453,5**$_{u}$; **3405,1**$_{u}$ | **2388,9**$_{u_1}$; **2378,6**; 2363,8; 2311,6; 2307,9; 2286,2 |
| Colombium | | | 4101,0; **4079,7**$_{u}$; **4059,0**$_{u}$; 3358,4 | |
| Cuivre | | 5218,2; 5153,3; 5105,6 | **3274,0**$_{u_2}$; **3247,5**$_{u_1}$ | |
| Dysprosium | [1] | | | |
| Erbium | [4] | | 3906,3; 3692,7; 3499,1 | |
| Étain | | 524,7 | 3801,0; 3330,6; **3262,3**$_{u}$ | **2863,3**$_{u}$; 2840,0; 2706,5 |
| Europium | [4] | | 4205,1; **4129,8** | |
| Fer | | 4404,3; 4383,6 | 4045,8; 3820,4; 3737,1; 3734,9; 3570,2; 3565,4 | **2755,7**$_{u}$; **2749,3**$_{u}$; **2739,6**$_{u}$; **2395,6**$_{u_2}$; **2382,0**$_{u_1}$ |
| Fluor | [2] | | | |
| Gadolinium | [1] | | | |
| Gallium | | | **4172,1**$_{u_1}$; 4033,0 | |
| Germanium | | | **3269,5**$_{u_2}$ | **3039,1**$_{u_1}$; 2651,4 |
| Glucinium | | | 3321,4; 3321,1 | **3131,1**$_{u_1}$; **3130,4**$_{u}$ |
| Hélium | [1 | | | |
| Holmium | [1] | | | |
| Hydrogène | | **6562,8**$_{u}$ | | |
| Indium | | | **4511,4**$_{u_1}$; **4101,8**$_{u_2}$ | |
| Iode | [2] | | | |
| Iridium | [4] | | **3513,7**$_{u}$; 3437,1; **3220,8**$_{u}$ | |
| Krypton | [1] | | | |
| Lanthane | [4] | | 4333,8; 4086,7; 3995,8; 3988,5; **3949,1**$_{u}$ | |
| Lithium | | **6707,9**$_{u}$ | **4602,2**$_{u}$ | |
| Lutécium | [1] | | | |
| Magnésium | | 5183,6; 5172,7; 5167,3 | 3838,3; 3832,3 | **2852,1**$_{u_1}$ (¹); **2802,7**$_{u_2}$; **2795,5**$_{u_3}$ |

[1] Non étudiés par l'auteur. [2] Ne donnant ni raies ultimes ni raies de grande sensibilité. [3] En cours d'étude; résultats provisoires.
[4] Étudiés seulement au crown uviol; résultats provisoires. (¹) Masquée par Na 2852,8.

**Raies de grande sensibilité et raies ultimes des éléments,** DANS LES SPECTRES DE DISSOCIATION (*suite*).

| | | A l'observation oculaire : | Par la photographie : Spectrographe *crown uviol.* | Spectrographe *quartz.* |
|---|---|---|---|---|
| Manganèse | | 4823,6; 4783,5; 4754,1 | 4034,5; 4033,1; **4030,9**$_{u_2}$ | 2605,7; **2593,7**$_u$; **2576,2**$_{u_1}$ |
| Mercure | | 5460,7; 4358,3 | | **2536,5**$_u$ |
| Molybdène | | 5570,5; 5533,2; 5506,5 | **3903,0**$_u$ (¹); **3864,1**$_u$; **3798,3**$_u$ (¹); 3635,2 | |
| Néodyme | [3] | | 4303,6; 4177,3; 3951,2 | |
| Néon | [1] | | | |
| Nickel | | 5476,9; 5081,1; 4714,4 | 3619,4; 3524,5; 3515,1; **3414,8**$_u$; 3380,6 | 2437,8; **2416,2**$_{u_1}$; **2316,1**$_u$; **2303,0**$_u$ |
| Or | | 6278,2; 5837,4; 4792,6 | | 2802,2; **2676,0**$_{u_1}$; **2428,0**$_u$ |
| Osmium | [1] | | | |
| Oxygène | [2] | | | |
| Palladium | [4] | | **3624,7**$_u$; **3609,6**$_u$; 3421,2; **3404,6**$_u$ | |
| Phosphore | | | | 2555,0; **2553,3**$_u$; **2535,6**$_u$; 2534,0 |
| Platine | [3] | 5475,8; 5390,8; 5301,6; 5227,6 | **3966,4**$_u$; 3923,0; 3268,4 | 3064,7; 2929,8; 2734,0; 2659,4 |
| Plomb | | 5608,9; 5005,5 | **4057,8**$_{u_1}$; **3683,5**$_{u_2}$; 3639,6 | 2614,2; 2203,6; 2175,8 |
| Potassium | | 5832,0; 5801,8; 5782,4 | **4047,2**$_{u_1}$; **4044,2**$_u$; 3447,4; 3446,4 | |
| Praséodyme | [1] | | | |
| Radium | [1] | | (4825,9; 4682,2; 3814,5) (²) | |
| Rhodium | [4] | | 3799,3; 3692,4; 3658,0; **3434,9**$_u$ | |
| Rubidium | | | **4215,6**$_{u_2}$; **4201,8**$_{u_1}$ | |
| Ruthénium | [4] | | **3499,0**$_u$; 3436,7 | |
| Samarium | [1] | | | |
| Scandium | [4] | | 4246,9; 3651,9; **3613,8**$_{u_1}$; **3630,8**$_u$ | |
| Sélénium | [2] | | | |
| Silicium | | 6370,9; 6346,8; 5057,0; 5042,3 | | **2881,6**$_u$; 2528,5; **2516,1**$_u$; 2506,9 |
| Sodium | | **5895,9**$_{u_1}$; **5890,0**$_{u_1}$ | **3303,0**$_{u_2}$; **3302,4**$_{u_2}$ | |
| Soufre | [2] | | | |
| Strontium | | | **4607,3**$_u$; 4305,5; **4215,5**$_{u_2}$; **4077,8**$_{u_1}$ | |
| Tantale | [3] | 6045,5; 5997,4 | 3631,9; 3406,9; 3318,8; **3311,2**$_u$ | 2963,4 |
| Tellure | | | | 2769,8; 2530,8; **2385,8**$_{u_1}$; **2383,3**$_{u_2}$ |
| Terbium | [1] | | | |
| Thallium | | **5350,5**$_{u_1}$ | **3775,7**$_{u_2}$; 3519,2; 3229,8 | 2767,9 |
| Thorium | [4] | | 4019,1; 3601,1; 3539,6 | |
| Thulium | [1] | | | |
| Titane | | groupe vert (5014,3 à 4981,8) | **3372,8**$_u$; **3361,2**$_u$; **3349,4**$_{u_1}$ | |
| Tungstène | [3] | | **4302,4**$_{u_1}$; **4294,7**; **4008,8**$_u$; 3613,8; **3215,6**$_u$ | 2397,1 |
| Uranium | [2] | | | |
| Vanadium | [3] | | **4408,5**; **4379,2**; **3185,4**; **3184,0**; **3183,4** | 3110,7; **3102,3**; **3093,1** |
| Xénon | [1] | | | |
| Néo-Ytterbium | [4] | | **3988,0**$_{u_2}$; **3694,2**$_{u_1}$; **3289,4** | |
| Yttrium | [4] | | **3774,3**$_{u_2}$; **3710,3**$^{u_1}$; 3633,1; **3600,7**$_{u_2}$; 3242,3 | |
| Zinc | | 6362,3 | **4810,5**$_{u_3}$; **4722,2**$_{u_2}$; 4680,2; **3345,0**$_{u_1}$ | 2138,5 |
| Zirconium | | groupe bleu (4815,5 à 4687,8) | **3496,2**$_u$; 3438,2; **3392,0**$_{u_1}$ | |

[1] Non étudiés par l'auteur. [2] Ne donnant ni raies ultimes ni raies de grande sensibilité. [3] En cours d'étude; résultats provisoires.
[4] Étudiés seulement au crown uviol; résultats provisoires. (¹) Masquées par des raies du fer. (²) Runge et Precht.

Un certain nombre de raies visibles, principalement celles dont les longueurs d'ondes sont inférieures à 4800 (limite de sensibilité des plaques ordinaires du commerce pour des raies d'intensité moyenne) ont été placées dans la colonne « spectrographe crown uviol », parce que c'est avec cet appareil que leur sensibilité photographique a été déterminée. Mais ces raies bleues, indigo ou violettes peuvent être aussi d'une très grande sensibilité pour l'œil, par exemple celles des éléments suivants : baryum, cœsium, calcium, chrome, fer, gallium, indium, plomb, rubidium, strontium, zinc, etc.

En ce qui concerne les terres rares, les déterminations de raies ont été faites sur les silicates ou les niobates minéraux par le procédé des sels fondus. Les oxydes précipités n'ont pas donné jusqu'ici de résultats satisfaisants avec ce dispositif.

La colonne « crown uviol » pourrait offrir un intérêt astronomique. Elle ne comprend pas de raies de longueurs d'ondes inférieures à 3170.

Pour les éléments susceptibles de donner des spectres d'arc, et pour lesquels aucune raie n'est donnée ici, on pourra, presque à coup sûr, trouver des raies de grande sensibilité de l'étincelle en choisissant les plus fortes raies de l'arc dans les Tables d'Exner et Haschek, de Kayser, ou dans les « Appendix of the Index of Spectra » de W. Marshall Watts.

Le Tableau donné ci-dessus est une simple présentation de l'état d'avancement de recherches personnelles en cours qui me permettront de le compléter et éventuellement de le rectifier.

## NAVIGATION. — *Sur l'application du tube de Pitot à la mesure de la vitesse des navires.* Note de M. **M. Laubeuf.**

Notre très regretté confrère M. Yves Delage a communiqué une intéressante Note *Sur l'application du tube de Pitot à la mesure de la vitesse des navires*, dans la séance du 11 octobre 1920.

M. Mesnager dans la séance du 18 octobre 1920 a indiqué deux appareils basés sur le même principe, servant à la mesure des débits d'eau, et a conclu que leur emploi paraissait difficile à la mer.

Je ferai remarquer que l'Académie des Sciences a déjà été saisie de la question; on peut lire dans les *Comptes rendus* (séance du 18 novembre 1901) la description d'un loch de MM. Raverot et Belly, destiné à la mesure de

la vitesse des navires et basé sur l'emploi du tube de Pitot (*Comptes rendus*, t. 133, p. 811).

Cet appareil a été effectivement construit et placé sur trois navires de guerre de la Marine française : Le *Pothuau*, le *Latouche-Tréville* et le *Cassini*.

J'ai eu personnellement à l'installer sur le croiseur cuirassé *Pothuau*, et je crois devoir ajouter quelques remarques à la Note de M. Yves Delage.

L'appareil décrit dans cette Note serait difficilement logeable sur un navire, surtout sur un navire de guerre dont les fonds sont toujours très encombrés; de plus, certaines parties de l'appareil paraissent d'un fonctionnement délicat et amènent à penser que cet instrument est plutôt un instrument de laboratoire; pour l'emploi à bord des navires il est nécessaire d'avoir des appareils plus simples et plus robustes.

Le loch de MM. Raverot et Belly transmet des indications à distance au moyen d'un système uniquement hydraulique et d'un réglage facile.

M. Yves Delage avait prévu une correction pour les variations de tirants d'eau du navire, mais il y a d'autres causes d'erreur :

1° Les oscillations dues au roulis et au tangage affectent l'instrument. Il est nécessaire de prévoir, comme l'ont fait MM. Raverot et Belly, un dispositif amortisseur des indications manométriques.

2° La viscosité de l'eau fait que le mouvement du navire à travers la masse liquide entraîne des molécules dans le sens de la marche.

Cet entraînement, très notable au voisinage de la carène et aux grandes vitesses, va en diminuant à mesure que la vitesse diminue et à mesure que les filets d'eau sont plus éloignés de la coque.

Il est donc nécessaire que l'orifice du tube de Pitot soit à une certaine distance de la carène et que cette distance soit fixe au lieu d'être variable comme le propose M. Yves Delage.

3° Le mouvement du navire détermine à la surface de la mer une série d'oscillations dites *ondes satellites* qui accompagnent la carène. On doit distinguer parmi elles deux ondes solitaires : la vague d'étrave et la vague d'étambot et entre celles-ci des vagues régulières, parallèles, de hauteurs décroissantes, dites *ondes d'oscillation transversale*.

Il y a donc tout le long de la carène des crêtes et des creux. Les hauteurs de ces crêtes et de ces creux sont plus ou moins grandes, suivant que la vitesse du navire est plus ou moins élevée.

De plus, les crêtes et les creux n'occupent pas une position fixe par rapport à la carène : cette position varie avec la vitesse.

Enfin, le tube de Pitot est affecté dans ses indications non pas seulement

par la hauteur des crêtes et des creux, mais par la vitesse des molécules d'eau; les ondes d'oscillation ont en effet des propriétés analogues à celles de la houle trochoïdale. La vitesse des molécules d'eau, par rapport au navire, est augmentée aux crêtes et diminuée aux creux.

Sur le *Pothuau* l'instrument était placé exactement dans une crête, à la vitesse réelle du navire de $19^n,5$. L'appareil indiquait alors une hauteur manométrique correspondant à $22^n,7$. Il en était de même sur le *Latouche-Tréville* et le *Cassini*.

Il est impossible de tenir compte de ces diverses causes d'erreur, dans un loch basé sur le tube de Pitot.

La seule méthode est de faire courir le navire à différentes allures sur une base mesurée, de déterminer les vitesses réelles du navire, de relever pour chaque vitesse mesurée directement la dénivellation donnée par l'appareil et d'étalonner l'instrument d'après ces divers relevés, en formant une table ou en traçant deux courbes qui donnent en regard des dénivellations manométriques la vitesse réelle du navire.

C'est ce qui a été fait par MM. Raverot et Belly sur les trois navires précités; ce système n'est évidemment pas théoriquement parfait en raison des variations de tirants d'eau et d'assiette du navire, mais il donne des résultats suffisamment approchés pour les besoins de la pratique.

M. **M. Laubeuf** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Les sous-marins allemands*.

## PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de candidats à la chaire d'*Organisation technique du travail humain* déclarée vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat à présenter en première ligne, le nombre des votants étant 49,

| | | |
|---|---|---|
| M. J.-P. Langlois obtient. . . . . . . . | 34 | suffrages |
| M. Jules Amar » . . . . . . . . | 9 | » |
| M. A. Magnan » . . . . . . . . | 5 | » |

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **J.-P. Langlois** sera désigné en première ligne.

Au deuxième tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat à présenter en seconde ligne, le nombre des votants étant 51,

| | | |
|---|---|---|
| M. A. Magnan obtient | . . . . . . . . . | 30 suffrages |
| M. Jules Amar » | . . . . . . . . . | 16 » |
| M. Imbert » | . . . . . . . . . | 1 suffrage |

Il y a 4 bulletins blancs.

M. A. **Magnan** sera désigné en deuxième ligne.

Au troisième tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat à présenter, s'il y a lieu, en troisième ligne, le nombre des votants étant 42,

Il y a 21 bulletins blancs.

| | | |
|---|---|---|
| M. Jules Amar obtient | . . . . . . . . . | 17 suffrages |
| M. Imbert » | . . . . . . . . . | 4 » |

En présence de ce résultat, M. le Président annonce qu'aucun candidat ne sera présenté en troisième ligne.

En conséquence, la liste présentée à M. le Sous-Secrétaire d'État de l'enseignement technique comprendra :

*En première ligne*. . . . . . . . . M. **J.-P. Langlois**
*En deuxième ligne* . . . . . . . . . M. **A. Magnan**

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la chaire de *Géologie*, actuellement vacante au Muséum d'Histoire naturelle.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat à présenter en première ligne, le nombre de votants étant 45,

M. Paul Lemoine réunit l'unanimité des suffrages.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat à présenter en seconde ligne, le nombre de votants étant 33,

M. René Chudeau réunit l'unanimité des suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

*En première ligne* . . . . . . . . M. **Paul Lemoine**
*En seconde ligne* . . . . . . . . . M. **René Chudeau**

## CORRESPONDANCE.

MM. **Eugène Burlot**, **E. Esclangon**, **Henry Gault**, **P. Le Rolland** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Albert Garrigues, *Les plantes en médecine. Le seigle et l'ergot.* (Présenté par M. P. Termier.)

2° Louis Mengaud, *Recherches géologiques dans la région cantabrique.* (Présenté par M. H. Douvillé.)

3° Vice-amiral Arago, *Deuxième contribution à l'étude expérimentale de la houle.* (Présenté par M. E. Bertin.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les homologies de Poincaré.* Note de MM. **Gustave Dumas** et **J. Chuard**, présentée par M. Paul Appell.

Les homologies interviennent dès le début des recherches de Poincaré sur l'*Analysis situs*. Qu'est-ce qu'une homologie? Pourquoi les homologies se combinent-elles comme des équations? Que correspond-il à une homologie déduite d'une autre par division? Telles sont les questions, dont on s'est déjà beaucoup préoccupé, et que les auteurs de cette Note cherchent à élucider.

Les homologies jouissent des mêmes propriétés quel que soit le nombre de dimensions des variétés auxquelles elles sont rattachées. Pour cette raison, ce qui suit n'est énoncé que relativement à des surfaces polyédrales de l'espace usuel.

Ces polyèdres sont, par hypothèse, fermés. Ils peuvent présenter des lignes singulières. Ils sont de la nature de ceux que MM. Veblen et Alexander ont considéré dans leur étude sur les variétés à N dimensions (¹). Les

(¹) O. Veblen and J. W. Alexander, *Manifolds of N dimensions* (*Annals of Mathematiks*, seconde série, t. 14, p. 163).

faces sont simplement connexes. Celles-ci, de même que les arêtes sont supposées orientées d'après le procédé de ces savants et les équations introduites par eux, en correspondance avec les Tableaux de Poincaré [1], servent ici de base aux conclusions.

Appelons système d'équations A, le système linéairement indépendant d'équations linéaires et homogènes que l'on peut faire correspondre à un polyèdre $\Pi$ admettant $\alpha$ sommets et $\beta$ arêtes orientées. Ce système A renferme $\alpha - 1$ équations portant sur $\beta$ inconnues. Les coefficients sont égaux à $0$, $+1$ et $-1$.

A ce système A, faisons correspondre un Tableau B relatif à un système complet de solutions entières. Chaque ligne de celui-ci correspond à une solution; il y en a $\beta - \alpha + 1$. En désignant ces différentes lignes, les unes par $C_i$, les autres par $T_j$, nous pouvons, si C représente une solution entière quelconque, caractériser cette solution par une relation, dont le sens est facile à saisir :

$$C = (k_1 C_1 + \ldots + k_\lambda C_\lambda) + (l_1 T_1 + \ldots + l_\rho T_\rho), \tag{1}$$

où $\lambda + \rho = \beta - \alpha + 1$. Les coefficients $k_i$ et $l_j$ sont déterminés d'une manière unique dès que C est donnée. Ce sont des quantités en général entières, fractionnaires le cas échéant.

D'un autre côté, à toute solution entière C correspond sur $\Pi$ un circuit fermé ou plus précisément un ensemble de circuits fermés. Chacun de ces ensembles est déterminé d'une manière unique dès que C est donnée, si, toutefois, on fait abstraction des *contours nuls*, autrement dit, des contours correspondant à la solution identiquement nulle du système A.

La relation (1), par conséquent, représente non seulement une relation entre des solutions entières du système A, mais aussi une relation entre les circuits fermés correspondants de $\Pi$. Ce parallélisme conduit aux propriétés des circuits fermés de $\Pi$.

Cela étant, en supposant que $\Pi$ possède $\gamma$ faces, distinguons les deux cas susceptibles de se présenter.

1° $\Pi$ *est bilatéral.* — Soit T le tableau de $\gamma$ lignes et $\beta$ colonnes que Poincaré fait correspondre aux arêtes et aux faces. Chacune des lignes de T est solution entière du système A. On peut, à cause de cela, former un Tableau B en prenant pour ses $\lambda$ premières lignes $C_i$, $\gamma - 1$ des lignes de T, et, pour ses $\rho$ dernières lignes $T_j$, $\rho = \beta - \alpha - \gamma + 2$ solutions entières

[1] Poincaré, *Second complément à l'A. S.* (*Proc. of the L. M. S.*, t. 32, p. 280.)

quelconques convenablement choisies. On peut même toujours obtenir, condition que nous supposons réalisée ici, que le système ainsi formé devienne *fondamental*, c'est-à-dire tel que C ne puisse, d'après (1), être solution entière que si les coefficients $K_i$ et $l_j$ sont entiers.

On voit, en outre, à cause de la signification géométrique des $C_i$, que C ne pourra limiter sur Π une ou plusieurs aires simplement connexes que si tous les coefficients $l_j$ sont égaux à zéro. On aura, dans ce cas, et, par définition, l'homologie

$$C \sim 0, \tag{2}$$

ce qui signifie, d'après (1), que l'on a

$$C = k_1 C_1 + k_2 C_2 + \ldots + k_\lambda C_\lambda. \tag{3}$$

Les $k_i$ étant entiers, le second membre de cette dernière égalité donne, disons-le en passant, les aires effectivement limitées par la courbe C satisfaisant à l'homologie (2).

En généralisant, si $D_1$, $D_2$, ..., $D_6$ sont des circuits fermés ou des ensembles de circuits fermés, tels que la somme des solutions qui leur correspondent, multipliées respectivement par des entiers $m$, conduit à des coefficients $l_j$ tous égaux à zéro, on a

$$m_1 D_1 + m_2 D_2 + \ldots + m_6 D_6 \sim 0. \tag{4}$$

On voit donc que, comme les congruences de l'arithmétique, les homologies peuvent se combiner à la façon des équations habituelles.

On voit également que $\rho + 1$ circuits fermés ou ensembles de circuits fermés seront toujours liés par une homologie.

Une homologie, enfin, peut toujours, lorsque Π est bilatéral, être divisée par un entier. Si, en effet, $d$ est un diviseur commun aux entiers $m$ dans (4), le premier membre de (4), après division par $d$, représentera encore un circuit fermé ou un ensemble de circuits fermés limitant des aires simplement connexes, puisque, ce premier membre étant envisagé comme solution entière de (1), les coefficients $k_i$ qui lui correspondent ne peuvent être, vu la nature du Tableau adopté B, que des entiers.

2° Π *est unilatéral*. — Dans ce cas, le plus grand diviseur élémentaire du Tableau T (invariant ou coefficient de torsion chez Poincaré) se trouve toujours égal à 2. On ne peut construire qu'un Tableau B dont le plus grand diviseur élémentaire est aussi égal à 2. Il y aura, dans ce cas, inévitablement des solutions entières données par la formule (1) avec certains des $k_i$ et $l$

fractionnaires et multiples de $\frac{1}{2}$. On aura, en outre,

$$\lambda = \gamma \quad \text{et} \quad \rho = \beta - \alpha - \gamma + 1.$$

Tout ce qui précède, relativement aux homologies correspondant à $\Pi$ bilatéral, subsiste encore, sauf que l'on ne peut plus effectuer toujours des divisions par des entiers. L'homologie $C \sim 0$ exige, en effet, que, dans (1), non seulement les $l_j$ soient tous nuls, mais encore que les $k_i$ soient tous entiers. Or, il arrive, qu'en correspondance avec le premier membre d'une homologie divisée par un entier, les coefficients $k_i$ ne puissent être tous entiers.

*Dernière remarque.* — Si l'on rapproche les deux définitions des nombres de Betti, celle de Betti lui-même et celle de Poincaré ([1]), on constate que celle de Betti est difficile à conserver. Elle semble, en effet, impliquer ici, $\Pi$ étant unilatéral, la possibilité de toujours trouver $\rho$ solutions entières $\Gamma_j$ du système A, telles que toute autre solution entière soit encore exprimée par (1), les $k_i$ et $l_j$ étant tous entiers.

Cela est impossible. Des deux définitions, celle de Poincaré reste donc, comme on le sait d'ailleurs, la seule qui se puisse adopter.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *L'équation de Laplace en coordonnées hypertoroïdales*, Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

L'identité, établie par M. Appell ([2]), entre les polynomes $U_{m,n}$ d'Hermite et les fonctions hypersphériques fait soupçonner l'existence, entre les fonctions à deux variables du type hypergéométrique et les problèmes du potentiel dans l'espace à quatre dimensions, d'un lien semblable à celui que l'on connaît entre les fonctions du même type à une variable et les mêmes problèmes dans l'espace à trois dimensions. J'ai montré depuis ([3]) que l'on rencontre en effet des cas limites des fonctions $F_2$ et $F_3$ dans l'expression du produit de Laplace relatif à certaines hypersurfaces (hypercylindres sphérique et parabolique, hyperparaboloïde de révolution). Je vais à présent indiquer une nouvelle relation du même genre, rattachant

---

([1]) Poincaré, *Premier Complément à l'A. S.* (*Rend. di Pal.*, t. 13, p. 286).

([2]) *Rend. Circ. mat. Palermo*, 1913, p. 203.

([3]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 564, 832; t. 171, 1920, p. 490.

les polynomes $\mho_{m,n}$ d'Hermite-Didon à l'équation de Laplace en coordonnées hypertoroïdales.

Le changement de variables

$$x=\frac{u\,\mathrm{sh}\,\sigma}{\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta},\qquad y=\frac{v\,\mathrm{sh}\,\sigma}{\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta},$$
$$z=\sqrt{1-u^2-v^2}\,\frac{\mathrm{sh}\,\sigma}{\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta},\qquad t=-\frac{\sin\theta}{\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta},$$

où l'hypersurface $\sigma=\text{const.}$,

$$(x^2+y^2+z^2+t^2+1)^2+k(x^2+y^2+z^2)=0$$

est engendrée par la rotation autour de l'axe des $t$ d'un tore situé dans l'espace des $xyt$, conduit à l'équation de Laplace

$$\begin{aligned}\Delta\mathrm{V}=\sqrt{1-u^2-v^2}\Bigg[&\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{1-u^2}{\sqrt{1-u^2-v^2}}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial u}-\frac{uv}{\sqrt{1-u^2-v^2}}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial v}\right)\\&+\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{1-v^2}{\sqrt{1-u^2-v^2}}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial v}-\frac{uv}{\sqrt{1-u^2-v^2}}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial u}\right)\Bigg]\\&+(\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta)^2\frac{\partial}{\partial\sigma}\left[\frac{\mathrm{sh}^2\sigma}{(\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial\sigma}\right]\\&+\mathrm{sh}^2\sigma(\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta)^2\frac{\partial}{\partial\theta}\left[\frac{1}{(\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial\theta}\right]=0.\end{aligned}$$

En cherchant des solutions de la forme

$$\mathrm{V}=(\mathrm{ch}\,\sigma-\cos\theta)f_1(\theta)f_2(\sigma)\mathrm{F}(u,v),$$

nous serons aisément amenés à prendre $f_1(\theta)=\cos\mu\theta$, et nous aurons, pour $f_2$, l'équation

$$\frac{d^2f_2}{d\sigma^2}+2\cot\sigma\frac{df_2}{d\sigma}+(1-\mu^2)f_2=\frac{\lambda f_2}{\mathrm{sh}^2\sigma},$$

$\lambda$ étant une constante arbitraire. Si l'on pose $\lambda=\nu(\nu-1)$, cette équation est celle que vérifie la fonction $C^{\nu}_{\mu,1}(\mathrm{ch}\,\sigma)$, en conservant la notation que nous avons employée récemment [1]

$$C^{\nu}_{\lambda,m}=\mathrm{sh}^m\sigma\frac{d^m}{d(\mathrm{ch}\,\sigma)^m}C^{\nu}_{\lambda}(\mathrm{ch}\,\sigma),$$

$C^{\nu}_{\lambda}$ étant le polynome de Gegenbauer. Il nous restera pour la fonction F,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 537.

toutes réductions opérées, l'équation

$$(1-u^2)\frac{\partial^2 F}{\partial u^2} - 2uv\frac{\partial^2 F}{\partial u\,\partial v} + (1-v^2)\frac{\partial^2 F}{\partial v^2} - 2u\frac{\partial F}{\partial u} - 2v\frac{\partial F}{\partial v} + \nu(\nu-1)F = 0.$$

Or, une solution de cette équation est le polynome $\mathcal{V}_{m,n}(u, v)$, où l'on a $m + n = \nu - 1$, ainsi qu'on le constate à partir des équations vérifiées par ce polynome et indiquées par Didon (1). Rappelons que ce polynome, cas particulier de la fonction hypergéométrique $F_2$, est défini par le développement

$$(1-x^2-y^2)^{\frac{1}{2}}[(1-ax-by)^2+(a^2+b^2)(1-x^2-y^2)]^{-1} = \sum_m \sum_n a^m b^n \mathcal{V}_{m,n}(x, y).$$

Le produit de Laplace en coordonnées hypertoroïdales est donc

$$V = (\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta)\cos\mu\theta\, C_{\mu,1}^{m+n+1}(\operatorname{ch}\sigma)\,\mathcal{V}_{m,n}(u, v).$$

Ce résultat serait aisément étendu à l'espace à $n + 2$ dimensions, si l'on fait le changement de variables

$$x_1 = u_1\frac{\operatorname{sh}\sigma}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \quad \ldots, \quad x_n = u_n\frac{\operatorname{sh}\sigma}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta},$$

$$x_{n+1} = \sqrt{1-u_1^2-\ldots-u_n^2}\,\frac{\operatorname{sh}\sigma}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \qquad x_{n+2} = -\frac{\sin\theta}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta},$$

on pourra mettre le produit de Laplace sous la forme

$$V = (\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta)^{\frac{n}{2}}\cos\mu\theta\, C_{\mu-\frac{n}{2},\frac{n}{2}}^{m_1+\ldots+m_n+1}(\operatorname{ch}\sigma)\,\mathcal{V}_{m_1, m_2, \ldots, m_n}(u_1, u_2, \ldots, u_n),$$

$\mathcal{V}$ étant le polynome généralisé de Didon, et l'indice $\mu - \frac{n}{2}$ figurant dans la fonction de Gegenbauer pouvant cette fois être fractionnaire.

Si, en particulier, nous faisons $n = 1$, ce qui correspond à l'espace à trois dimensions, nous devons trouver la forme classique du produit de Laplace en coordonnées toroïdales, définies par

$$x = \frac{\operatorname{sh}\sigma\cos\varphi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \qquad y = \frac{\operatorname{sh}\sigma\sin\varphi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \qquad z = -\frac{\sin\theta}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}.$$

Mais dans ce cas la fonction $\mathcal{V}_m(u)$ à une seule variable se réduit, comme on sait, à $\sin[(m+1)\arccos u]$, et, en posant $u = \cos\varphi$, nous trouvons

(1) *Étude de certaines fonctions*, etc. (Thèse de doctorat, Paris, 1868, p. 64).

alors

$$V = \sqrt{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}\,\cos\mu\theta\,P^{m+1}_{\mu-\frac{1}{2}}(\operatorname{ch}\sigma)\sin(m+1)\varphi,$$

ce qui est bien la formule connue [1], on voit de plus que c'est en tant que généralisation de la fonction $\sin[n \operatorname{arc}\cos x]$ que s'introduisent dans la question les polynomes $\mathcal{V}_{m,n}$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Congruences de droites dont la surface moyenne est une surface donnée.* Note de M. **Axel Egnell**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons une surface S quelconque; je me propose de déterminer toutes les congruences de droites ayant pour surface moyenne la surface S. Soit **L** un vecteur-unité, fonction de point, parallèle en chaque point de l'espace à la droite de la congruence qui passe par ce point. La surface S sera la surface moyenne de la congruence, si, en chaque point de la surface, le vecteur **L** satisfait à la condition

$$\operatorname{div}\mathbf{L} = 0. \tag{1}$$

En chaque point $\mathcal{M}$ de la surface nous pouvons définir de la façon suivante trois vecteurs-unité **M**, **U**, **V**, formant un système trirectangle : le vecteur **M** est parallèle à la normale $\mathcal{M}$ de la surface, le vecteur **U** parallèle à la projection de la droite D de la congruence qui passe par $\mathcal{M}$ sur le plan tangent à la surface et le vecteur **V** parallèle à la perpendiculaire commune à $\mathcal{M}$ et à D. Les vecteurs **U** et **V** déterminent sur la surface deux familles de courbes $C_u$ et $C_v$ : les courbes $C_u$ sont les enveloppes des projections des droites D sur les plans tangents à la surface; les courbes $C_v$ sont les trajectoires orthogonales des droites de la congruence. En désignant par $\lambda$ l'angle que la droite D forme avec la normale $\mathcal{M}$, on peut exprimer le vecteur **L** comme suit :

$$\mathbf{L} = \mathbf{M}\cos\lambda + \mathbf{U}\sin\lambda. \tag{2}$$

La condition (1) prend la forme

$$\overline{\mathbf{M}}\frac{\delta\mathbf{L}}{\delta\mathcal{M}} + \overline{\mathbf{U}}\frac{\delta\mathbf{L}}{\delta\mathcal{U}} + \overline{\mathbf{V}}\frac{\delta\mathbf{L}}{\delta\mathcal{V}} = 0 \quad [2]. \tag{3}$$

(1) Cf. Whittaker et Watson, *Modern Analysis*, 2e édition, p. 394.

(2) Pour la signification des notations, voir ma Thèse : *Géométrie infinitésimale vectorielle*.

Le vecteur **L** étant constant le long de la droite D, on déduit de la relation (2)

$$\frac{\partial \mathbf{L}}{\partial \mathfrak{M}}\cos\lambda + \frac{\partial \mathbf{L}}{\partial \mathfrak{V}}\sin\lambda = 0; \qquad \overline{\mathbf{M}}\frac{\partial \mathbf{L}}{\partial \mathfrak{M}} = \tang^2\lambda\,\overline{\mathbf{U}}\frac{\partial \mathbf{L}}{\partial \mathfrak{V}}.$$

La condition (3) peut donc s'écrire :

$$\overline{\mathbf{U}}\frac{\partial \mathbf{L}}{\partial \mathfrak{V}} + \cos^2\lambda\,\overline{\mathbf{V}}\frac{\partial \mathbf{L}}{\partial \varphi} = 0.$$

Substituons dans cette équation la valeur (2) de **L**. Il vient

$$\overline{\mathbf{U}}\frac{\partial \mathbf{M}}{\partial \mathfrak{V}} + \frac{\partial \lambda}{\partial \mathfrak{V}} + \cos^2\lambda\,\overline{\mathbf{V}}\frac{\partial \mathbf{M}}{\partial \varphi} + \sin\lambda\cos\lambda\,\overline{\mathbf{V}}\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial \varphi} = 0$$

ou bien

$$(4) \qquad \frac{\partial \lambda}{\partial \mathfrak{V}} + \sin^2\lambda\,\overline{\mathbf{M}}\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \varphi} - \sin\lambda\cos\lambda\,\overline{\mathbf{U}}\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \varphi} + \mathcal{H} = 0,$$

$\mathcal{H}$ désignant la courbure moyenne de la surface.

En désignant par $\rho_v$ le rayon de courbure des courbes $C_v$, par $\omega_v$ l'angle que leur normale principale forme avec la normale à la surface, par $s_u$ l'arc de la courbe $C_u$, on peut écrire l'équation (4) comme suit :

$$(5) \qquad \frac{\partial \lambda}{\partial s_u} + \frac{\sin\lambda\sin\lambda(\lambda - \omega_v)}{\rho_v} + \mathcal{H} = 0.$$

On peut remarquer que cette équation ne contient que la dérivée de $\lambda$ par rapport à une seule des variables indépendantes $u$ et $v$ qui définissent les courbes $C_u$ et $C_v$. En outre, si l'on pose

$$\tang\lambda = \varphi,$$

l'équation (5) prend la forme d'une équation de Riccati, ce qui permet les conclusions habituelles concernant la constance du rapport anharmonique de quatre solutions et les facilités d'intégration qu'apporte la connaissance d'une ou de plusieurs solutions particulières.

L'équation (5) conduit au résultat suivant : pour déterminer une congruence de droites ayant pour surface moyenne la surface S, on peut choisir arbitrairement une famille de courbes $C_v$ qui seront les trajectoires orthogonales de la congruence, puis faire varier arbitrairement le long d'une de ces courbes $C_{v_1}$ l'inclinaison de la droite D. Sur les courbes $C_u$, trajectoires orthogonales de la famille $C_v$, l'angle $\lambda$ se trouve alors complètement déterminé par l'équation (5).

Pour certaines surfaces particulières, on peut intégrer cette équation à l'aide d'un choix judicieux des trajectoires orthogonales $C_v$. Ainsi, sur une surface minima, on peut choisir comme trajectoires orthogonales l'une des familles de lignes asymptotiques $\mathcal{A}_v$. L'angle $\lambda$ se trouve alors défini par l'équation

$$\operatorname{tang}\lambda = \sigma_v e^{\int \frac{ds_u}{\rho_v}},$$

$\sigma_v$ étant une fonction qui reste constante sur chacune des courbes de la seconde famille de lignes asymptotiques $\mathcal{A}_u$. En particulier, si la surface S est un plan, cette formule est valable quelle que soit la famille de courbes $C_v$.

Au cas où S est une surface réglée, on peut choisir comme trajectoires orthogonales les génératrices rectilignes de la surface, et l'angle $\lambda$ se trouve alors défini comme suit

$$\lambda = \sigma_v - \int \frac{ds_u}{r_u},$$

$\frac{1}{r_u}$ désignant la courbure normale des trajectoires orthogonales des génératrices. Dans le cas du plan ou de l'hélicoïde à plan directeur on trouve simplement

$$\lambda = \sigma_v$$

et $\lambda$ reste constant le long de chacune des trajectoires orthogonales des génératrices rectilignes.

Si sur une surface quelconque on choisit comme trajectoires orthogonales des droites de la congruence une famille de lignes géodésiques, l'équation (5) prend la forme

$$\frac{\partial\lambda}{\partial s_u} + \frac{\cos^2\lambda}{r_v} + \frac{1}{r_u} = 0.$$

On pourra intégrer cette équation si le rapport des rayons de courbure $r_u$ et $r_v$ reste constant le long des courbes $C_u$, trajectoires orthogonales des géodésiques. Ce sera le cas si, sur une surface de révolution, on choisit les méridiens comme trajectoires orthogonales des droites de la congruence. On pourra ainsi exprimer $\lambda$ en fonction de l'arc des parallèles. Il existe, en particulier, deux congruences, symétriques l'une de l'autre, pour lesquelles $\lambda$ reste constant le long de chaque parallèle. On les obtient en posant

$$\cos^2\lambda = -\frac{r_v}{r_u}.$$

Si l'on désigne par $\beta$ l'angle que les directions asymptotiques de la surface forment avec les parallèles, on trouve ainsi

$$\cos\lambda = \pm \operatorname{tang}\beta.$$

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Calcul des ponts circulaires, à une seule travée, comportant deux contreventements et des entretoisements transversaux sur leurs appuis seulement.* Note de M. **Bertrand de Fontviolant.**

Nous avons donné précédemment [1] la méthode de calcul des ponts circulaires, à une seule travée et à travées continues, comportant un seul contreventement et des entretoisements transversaux dans toute leur longueur. Or on peut, sans nuire à la stabilité de la construction, supprimer les entretoisements transversaux, sauf toutefois ceux sur appuis, à condition de munir le pont d'un second contreventement. La présente Note concerne les ponts de ce nouveau type; la répartition des efforts y est tout autre que dans les ponts du premier type.

Nous conservons ici les notations adoptées dans nos Communications antérieures.

Les forces élastiques, dans une section transversale quelconque du pont, sont réductibles, pour la poutre de rayon $r'$, à un effort tranchant $T'$ et à un couple de flexion $M'$; pour la poutre de rayon $r''$, à un effort tranchant $T''$ et à un couple de flexion $M''$; pour le contreventement supérieur, à un effort tranchant $H$; et, pour le contreventement inférieur, à un effort tranchant $H'$. L'ensemble de ces éléments de réduction formant un système équivalent aux forces extérieures appliquées sur la partie du pont située à gauche de la section considérée, on a

$$H' = -H, \qquad M = M' + M'', \tag{1}$$

M désignant le *moment de flexion du pont.*

Pour simplifier, nous introduisons l'inconnue auxiliaire S définie par la relation

$$S r = M' r' + M'' r'' \tag{2}$$

et que nous appelons *moment composé*. On a, par suite,

$$M' = \frac{r}{a}\left(S - M\frac{r''}{r}\right), \qquad M'' = \frac{r}{a}\left(M\frac{r'}{r} - S\right). \tag{3}$$

Les actions exercées par les barres de l'un ou l'autre des deux contreventements, sur l'une ou l'autre des deux poutres, sont décomposables, dans le plan du contreventement considéré, en une action tangentielle et une action

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 376 et 796.

normale au cercle d'intersection de ce plan avec la surface cylindrique de la poutre considérée. Pour pouvoir traiter analytiquement la question, nous remplaçons, par approximation, les barres du contreventement, lesquelles sont toujours nombreuses, par une infinité de barres infiniment voisines, de sorte que les actions susdites deviennent des actions continues.

Soient, rapportées, en chaque point, à l'unité de longueur de la ligne médiane du pont :

$p$, une charge continue, constante ou variable, distribuée sur le pont suivant une ligne quelconque, dont les points sont situés à une distance $\rho$, constante ou variable, du centre de la *ligne médiane du pont;*

$t'$ et $t''$, les actions tangentielles exercées par le contreventement supérieur, respectivement sur la poutre de rayon $r'$ et sur la poutre de rayon $r''$, actions comptées positivement dans le sens de droite à gauche;

$u'$ et $u''$, les actions normales exercées par ce même contreventement, respectivement sur les deux mêmes poutres, actions comptées positivement dans le sens centripète;

$t'_1, t''_1, u'_1, u''_1$, les actions similaires exercées par le contreventement inférieur, sur les deux poutres.

Nous formons les relations exprimant l'équilibre : 1° d'une tranche de chacun des deux contreventements, comprise entre deux sections transversales quelconques du pont, d'abscisses angulaires $\omega$ et $\omega + d\omega$; 2° d'une tranche de chacune de ces deux poutres, comprise entre ces deux sections. De ces relations, et de celles (1) et (2), nous déduisons, par des éliminations et des différentiations appropriées, les équations suivantes :

$$(4) \qquad \begin{cases} t' = -\, t'_1 = \dfrac{r''}{ar}\mathrm{H}, & t'' = -\, t''_1 = -\dfrac{r'}{ar}\mathrm{H}, \\ u' = -\, u'_1 = \dfrac{\mathrm{M}'}{br}, & u'' = -\, u''_1 = -\dfrac{\mathrm{M}''}{br}; \end{cases}$$

$$(5) \qquad \frac{d\mathrm{H}}{d\omega} = -\frac{\mathrm{M}}{b},$$

$$(6) \qquad \frac{d\mathrm{M}'}{d\omega} = \mathrm{T}'r' - \mathrm{H}\frac{b}{a}r'', \qquad \frac{d\mathrm{M}''}{d\omega} = \mathrm{T}''r'' + \mathrm{H}\frac{b}{a}r',$$

$$(7) \qquad \frac{d^2\mathrm{M}}{d\omega^2} + \mathrm{M} = -\,pr\rho,$$

$$(8) \qquad \frac{d^2\mathrm{S}}{d\omega^2} = -\,p\left(\frac{2\rho}{r} - \frac{r'r''}{r^2}\right).$$

L'équation (8) conduit à la proposition suivante :

Théorème I. — *Quelles que soient les charges appliquées sur un pont circu-*

*laire, de portée curviligne $l$, comportant deux contreventements et des entretoisements transversaux sur ses appuis seulement, quelles que soient les distances $\rho$ de ces charges au centre de la ligne médiane du pont, le moment composé* S, *en une section transversale quelconque, d'abscisse curviligne $s$, est égal au moment de flexion produit dans la section, d'abscisse $s_1$ d'une poutre droite, de portée $l$, posée sur deux appuis simples, par les mêmes charges affectées chacune du coefficient $\frac{2\rho}{r} - \frac{r'r''}{r^2}$, et appliquées de façon que leurs abscisses sur cette poutre soient égales à leurs abscisses curvilignes sur le pont.*

L'équation (7) a déjà été trouvée dans le cas des ponts comportant un seul contreventement et des entretoisements transversaux dans toute leur longueur; au lieu de l'intégrer, il est plus simple, ainsi qu'il a été indiqué précédemment, de calculer le moment de flexion du pont M, par application directe de sa définition.

Les équations (5) et (6) laissent indéterminés les efforts tranchants dans les contreventements et dans les poutres. Cette indétermination se lève en exprimant, au moyen de l'équation générale de l'élasticité, que, dans sa déformation élastique, le pont est astreint à rester en contact avec ses quatre appuis, ce qui conduit à la nouvelle relation très simple

$$\int_0^{\gamma} \mathrm{H}\, d\omega = 0, \tag{9}$$

laquelle, avec les relations (5) et (6), permet d'établir la propriété remarquable que voici :

Théorème II. — *Dans les poutres d'un pont circulaire comportant deux contreventements et des entretoisements transversaux sur ses appuis seulement, quelle que soit la distribution des charges, les efforts tranchants* T′ *et* T″ *dans les deux poutres ont les mêmes valeurs que si ce pont était droit.*

Enfin, des relations (1) et (6) on tire

$$\mathrm{H} = -\mathrm{H}' = \frac{1}{b}\left[\frac{d\mathrm{M}}{d\omega} - (\mathrm{T}'r' + \mathrm{T}''r'')\right]. \tag{10}$$

En résumé, pour calculer un pont circulaire du type considéré ici, on déterminera :

1° M, par application directe de sa définition; $\frac{d\mathrm{M}}{d\omega}$ s'ensuivra;
2° S, par application du théorème I;
3° M′ et M″, par les formules (3);
4° T′ et T″, par application du théorème II;
5° H′ et H″, par la formule (10);
6° $t'$, $t''$, $u'$, $u''$, $t'_1$, $t''_1$, $u'_1$, $u''_1$, par les formules (4).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1920 (¹). Note de M. J. **Guillaume**, transmise par M. B. Baillaud.

Il y a eu 81 jours d'observation dans ce trimestre et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

*Taches.* — Le nombre des groupes de taches est resté sensiblement le même (49 au lieu de 50) (²), mais l'aire totale a diminué d'environ les trois cinquièmes, avec 2083 millionièmes au lieu de 5303.

La comparaison de leur répartition de part et d'autre de l'équateur accuse une diminution de 11 groupes au Sud (17 au lieu de 28), et une augmentation de 10 groupes au Nord (32 au lieu de 22).

Une tache à $-7°$ de latitude, dont le passage au méridien central a eu lieu le 17,1 avril, a pu se voir à *l'œil nu*. Par contre, les premiers jours *sans tache* de la période actuelle de déclin de ces phénomènes se sont présentés également au mois d'avril : les 9 et 24. Le 16 mai, il n'y avait qu'une très petite tache sur le disque du Soleil. Antérieurement, le dernier jour où le Soleil s'est montré immaculé remonte au 27 août 1916.

Enfin, la latitude moyenne de l'ensemble des taches a peu varié : on a, en effet, $-10°,0$ au lieu de $-10°,9$ et $+10°,7$ au lieu de $+10°,3$.

*Régions d'activité.* — On a noté un nombre de groupes de facules plus élevé de moitié, environ, que dans le trimestre précédent, avec 152 au lieu de 109, mais la surface totale de leur ensemble n'a pas été notablement supérieure, étant de 125,4 millièmes au lieu de 122,5.

L'examen de leur répartition montre une augmentation insolite de petits groupes (15) au dessus de $-40°$ de latitude, et, au total, on a 83 groupes au lieu de 56 au sud de l'équateur ; au nord on a enregistré un seul groupe au-dessus de $+40°$, et, au total, 69 groupes au lieu de 53.

Tableau I. — *Taches.*

| Dates extrêmes d'observ. | Nombre d'observations. | Pass. au mér. central. | Latitudes moyennes. S. | Latitudes moyennes. N. | Surfaces moyennes réduites. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Avril 1920. — 0,00. | | | |
| 29-30 | 2 | 4,5 | | + 9 | 7 |
| 1- 8 | 6 | 5,2 | | +11 | 4 |
| 1- 5 | 3 | 6,3 | —14 | | 3 |
| 6- 8 | 3 | 9,7 | | + 4 | 3 |
| 7-12 | 2 | 11,7 | | + 0 | 6 |
| 10-23 | 12 | 17,1 | — 7 | | 486 |
| | | Avril (suite). — 0,00. | | | |
| 13-23 | 7 | 18,9 | — 5 | | 30 |
| 23-25 | 2 | 25,5 | | +13 | 2 |
| 29- 1 | 3 | 27,5 | | + 5 | 8 |
| 27- 1 | 5 | 30,2 | | +14 | 16 |
| | 27 j. | | — 8°,7 | + 8°,0 | |

(¹) M[lle] Gauthier a continué avec zèle sa participation aux observations.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 496.

| Dates extrêmes d'observ. | Nombre d'observations. | Pass. au mér. central. | Latitudes moyennes S. | Latitudes moyennes N. | Surfaces moyennes réduites. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Mai. — 0,00. | | | |
| 25- 7 | 13 | 1,5 | | +10 | 75 |
| 1- 3 | 3 | 3,7 | −16 | | 3 |
| 2- 6 | 4 | 3,7 | | +11 | 5 |
| 2- 4 | 3 | 5,7 | | +14 | 8 |
| 10 | 1 | 6,5 | | + 7 | 3 |
| 2-11 | 10 | 8,5 | − 5 | | 25 |
| 13-15 | 3 | 9,2 | | +14 | 43 |
| 3-14 | 12 | 9,5 | − 8 | | 100 |
| 10-11 | 2 | 10,2 | −17 | | 5 |
| 8-15 | 8 | 13,9 | − 5 | | 19 |
| 15 | 1 | 14,6 | −13 | | 4 |
| 9-17 | 9 | 15,4 | | +18 | 21 |
| 15 | 1 | 17,2 | | +15 | 7 |
| 22-23 | 2 | 22,1 | | + 9 | 6 |
| 17-24 | 6 | 23,0 | | +22 | 19 |
| 26-28 | 3 | 23,8 | | + 4 | 21 |
| 28-31 | 4 | 25,8 | −13 | | 33 |
| 27- 1 | 5 | 26,6 | | + 5 | 37 |
| 20- 2 | 12 | 27,9 | | + 8 | 212 |
| 25-27 | 3 | 28,3 | − 9 | | 7 |
| 3- 4 | 2 | 31,7 | | + 9 | 4 |
| 27- 6 | 7 | 31,8 | | +15 | 31 |

| Dates extrêmes d'observ. | Nombre d'observations. | Pass. au mér. central. | Latitudes moyennes S. | Latitudes moyennes N. | Surfaces moyennes réduites. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Mai (suite). | | | |
| 4 | 1 | 31,8 | | + 4 | 2 |
| | 25 j. | | −10°,8 | +11°,0 | |
| | | Juin. — 0,00. | | | |
| 30-11 | 13 | 4,9 | | +15 | 294 |
| 2- 5 | 4 | 6,9 | − 5 | | 8 |
| 4- 6 | 3 | 10,0 | −12 | | 6 |
| 7-18 | 12 | 11,8 | | +14 | 180 |
| 8- 9 | 2 | 12,3 | | +22 | 6 |
| 11-17 | 7 | 12,9 | | +18 | 29 |
| 9-19 | 5 | 14,8 | | +10 | 6 |
| 12 | 1 | 17,2 | | +10 | 13 |
| 20-21 | 2 | 19,1 | | + 8 | 4 |
| 15-25 | 11 | 20,9 | −10 | | 45 |
| 17-27 | 11 | 23,3 | − 8 | | 68 |
| 21 | 1 | 23,4 | | + 5 | 2 |
| 23-28 | 6 | 24,2 | −20 | | 34 |
| 21- 2 | 11 | 27,5 | | +14 | 121 |
| 27 | 1 | 28,1 | | + 6 | 6 |
| 23 | 1 | 28,5 | − 3 | | 6 |
| | 29 j. | | −9°,7 | +12°,2 | |

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

| 1920. | Sud 90°-40°. | Sud 40°-30°. | Sud 30°-20°. | Sud 20°-10°. | Sud 10°-0°. | Sud Somme. | Nord Somme. | Nord 0°-10°. | Nord 10°-20°. | Nord 20°-30°. | Nord 30°-40°. | Nord 40°-90°. | Totaux mensuels. | Surfaces totales réduites. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avril ....... | » | » | » | 1 | 2 | 3 | 7 | 4 | 3 | » | » | » | 10 | 565 |
| Mai ......... | » | » | » | 4 | 4 | 8 | 15 | 8 | 6 | 1 | » | » | 23 | 690 |
| Juin ........ | » | » | » | 2 | 4 | 6 | 10 | 5 | 4 | 1 | » | » | 16 | 828 |
| Totaux ... | » | » | » | 7 | 10 | 17 | 32 | 17 | 13 | 2 | » | » | 49 | 2083 |

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

| 1920. | Sud 90°-40°. | Sud 40°-30°. | Sud 30°-20°. | Sud 20°-10°. | Sud 10°-0°. | Sud Somme. | Nord Somme. | Nord 0°-10°. | Nord 10°-20°. | Nord 20°-30°. | Nord 30°-40°. | Nord 40°-90°. | Totaux mensuels. | Surfaces totales réduites. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avril ....... | 2 | » | 6 | 11 | 7 | 26 | 20 | 8 | 9 | 2 | 1 | » | 46 | 39,2 |
| Mai ......... | 8 | » | 3 | 10 | 10 | 31 | 24 | 12 | 8 | 4 | » | » | 55 | 42,7 |
| Juin ........ | 5 | 1 | 3 | 6 | 11 | 26 | 25 | 7 | 12 | 5 | » | 1 | 51 | 43,5 |
| Totaux.... | 15 | 1 | 12 | 27 | 28 | 83 | 69 | 27 | 29 | 11 | 1 | 1 | 152 | 125,4 |

ASTRONOMIE. — *Sur une relation entre l'éclairement de la Lune éclipsée et l'activité solaire.* Note (¹) de M. A. Danjon, présentée par M. Baillaud.

Dès l'antiquité, on a remarqué que la Lune restait faiblement visible dans son passage à travers l'ombre géométrique de la Terre. On sait, depuis Képler, que la lumière qui l'éclaire alors s'est réfractée dans l'atmosphère terrestre.

Je me propose de montrer dans la présente Note l'existence d'une relation entre la luminosité de la Lune éclipsée et la phase de l'activité solaire au moment de l'éclipse. Cette relation s'énonce ainsi :

1° *Dans les deux années qui suivent un minimum d'activité solaire, l'ombre de la Terre est très sombre, grise ou peu colorée;*

2° *Ensuite, à mesure que l'on s'éloigne du minimum, la Lune reste, au cours des éclipses, de plus en plus éclairée, et sa coloration est de plus en plus rouge. Dans les trois ou quatre années qui précèdent le minimum suivant, la Lune éclipsée se montre très fortement éclairée, en rouge cuivré ou orange.*

Le passage par un maximum d'activité solaire n'est signalé par aucune particularité. Au contraire, le passage par un minimum est signalé, dans la suite des éclipses de Lune, par une diminution considérable et brusque de luminosité, ayant le caractère d'une discontinuité.

Pour établir cette loi, j'ai dû, en l'absence de toute mesure photométrique, établir une échelle arbitraire de luminosité, chaque éclipse recevant un coefficient d'éclat relatif, d'après la description laissée par les observateurs. Je n'insiste pas ici sur les difficultés, parfois insurmontables, rencontrées dans l'interprétation des textes; après une étude critique approfondie, j'ai formé un catalogue d'environ 150 éclipses dont la description physique précise a été conservée, et dont les plus anciennes remontent à Tycho Brahé.

Voici la signification des coefficients d'éclat, allant de 0 à 4, et constituant l'échelle de luminosité :

0. — Éclipse très sombre. Lune à peu près invisible, surtout au milieu de la totalité.

1. — Éclipse sombre, grise ou brunâtre; détails lunaires difficiles à discerner.

2. — Éclipse rouge sombre ou roussâtre, avec, le plus souvent, une tache très sombre au centre de l'ombre; zone extérieure assez claire.

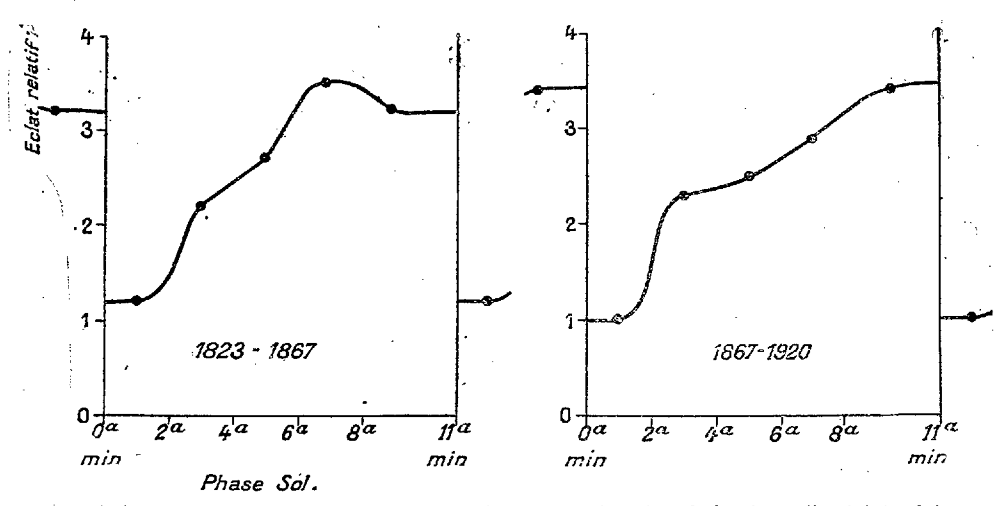
3. — Éclipse rouge brique, ombre souvent bordée d'une zone grise ou jaune assez claire.

4. — Éclipse rouge cuivre ou orange, très claire; zone extérieure très lumineuse, bleuâtre.

En portant en abscisse la date de chaque éclipse, en ordonnée son coeffi-

(¹) Séance du 29 novembre 1920.

cient d'éclat, on obtient en joignant les points une courbe *en dents de scie*, mettant en évidence de la manière la plus frappante la relation énoncée plus haut. La courbe s'élève d'un minimum solaire au suivant, *avec une chute brusque à chaque minimum*. Faute de place, je ne donne ici que les résultats moyens correspondant à deux intervalles : le premier comprend 4 périodes solaires, de 1823 à 1867; le second s'étend sur plus de 4 périodes, de 1867 à 1920. Les minima solaires antérieurs à 1823 ne sont pas connus avec assez de certitude pour qu'on puisse les utiliser dans l'établissement d'une loi. Mais, bien entendu, la même périodicité undécennale se retrouve pour les éclipses anciennes, qui feront l'objet d'une Communication ultérieure.




Courbes moyennes de luminosité des éclipses de Lune en fonction de la phase d'activité solaire. Intervalle 1823-1867, intervalle 1867-1920.

Le Tableau ci-dessous donne l'*éclat moyen* des éclipses dont la phase solaire, comptée à partir des minima, est comprise entre les limites inscrites dans la première ligne. La ligne *n* donne le nombre des éclipses entrant dans chaque moyenne. On remarquera l'identité d'allure des courbes relatives aux deux intervalles, *ce qui écarte toute idée d'une rencontre fortuite*.

| | | Phase solaire : | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-2 ans. | 2-4 ans. | 4-6 ans. | 6-8 ans. | 8-11 ans. |
| 1823 à 1867. | Éclat moyen..... | 1,2 | 2,2 | 2,7 | 3,5 | 3,2 |
| | *n*.............. | 5 | 5 | 6 | 4 | 11 |
| 1867 à 1920. | Éclat moyen..... | 1,0 | 2,3 | 2,5 | 2,9 | 3,4 |
| | *n*.............. | 8 | 9 | 6 | 4 | 12 |
| | Moyenne générale.... | 1,1 | 2,2 | 2,6 | 3,2 | 3,3 |

Le nombre total des éclipses utilisées est de 70. Trois éclipses ont été exceptées des moyennes, celles des 4 octobre 1884, 30 mars et 24 septembre 1884, d'éclats relatifs 0 ou 1. D'après la phase solaire correspondante, ces éclipses auraient dû être claires. Or, elles ont été sombres, et leur caractère anormal est encore accusé par ce fait qu'elles ont été précédées, dans la même période solaire, d'éclipses notablement plus lumineuses. Cette opacité singulière du cône d'ombre avait été remarquée à l'époque, et rapprochée des lueurs crépusculaires *consécutives à l'éruption du Krakatoa.* L'importance de cette remarque apparaîtra lorsque j'aborderai l'interprétation de la loi de luminosité que j'énonce dans la présente Communication.

PHYSIQUE. — *Manomètre à mercure inversable à oscillations amorties.* Note (1) de M. **Pierre Menard.**

Le manomètre à mercure que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie a les deux avantages d'être à la fois inversable et à oscillations amorties.

Le dessin ci-après fera comprendre aisément la disposition de l'appareil.

Un tube en verre T recourbé est surmonté, à chacune de ses extrémités, par une ampoule réservoir A et A'. L'ampoule A forme cuvette et contient le mercure sur la nappe duquel s'exercera la pression, l'ascension du mercure se faisant dans la branche ascendante du tube T.

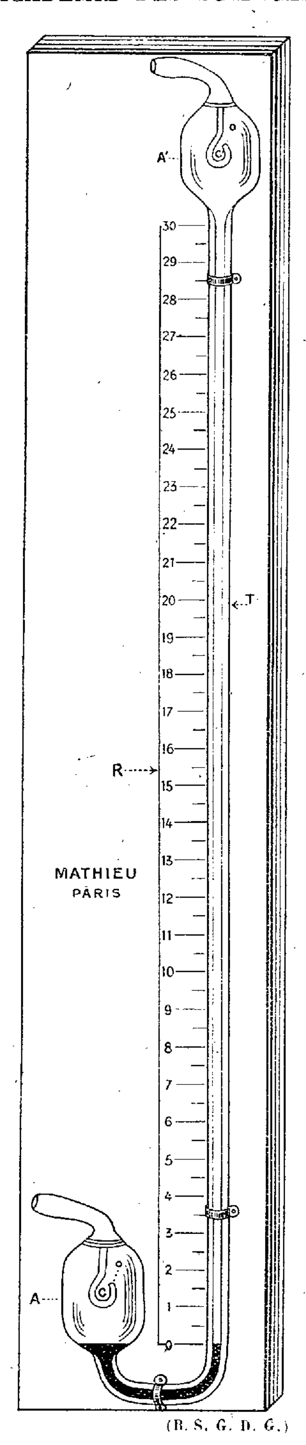
Chaque ampoule A et A' est traversée à son sommet par un ajutage ou tube de verre C faisant communiquer chaque réservoir avec l'air libre. Le tube de verre C pénètre jusqu'au milieu de l'ampoule en se recourbant sur lui-même sous forme de crochet se terminant par un orifice rétréci O. On conçoit que par ce dispositif le mercure ne puisse s'échapper de l'appareil. Lorsque le tube T est renversé, le mercure va se loger dans le fond des réservoirs A ou A', lorsqu'il est incliné, le mercure reste dans les bas-côtés; dans aucun cas, le mercure ne peut affleurer l'orifice O, qui communique avec l'extérieur.

Le dispositif d'ajutage en verre avec orifice rétréci évite les à-coups de pression et joue le rôle d'amortisseur, le mercure ne s'élevant ainsi dans la branche T que lentement et progressivement, les oscillations de la colonne de mercure se trouvent presque supprimées.

Ce manomètre peut être utilisé pour mesurer toutes les pressions basses. Le mercure, dans certains cas, peut être remplacé avec avantage par un liquide moins dense (eau, alcool, ...).

---

(1) Séance du 22 novembre 1920.


A'
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
T
R
MATHIEU
PARIS
A
(B. S. G. D. G.)

MÉTROLOGIE. — *Méthode interférentielle pour la détermination des étalons en quartz.* Note de M. ALBERT PÉRARD, présentée par M. J. Violle.

Un premier contrôle de la fixité de l'Unité métrique ayant été obtenu par la mesure du rapport des longueurs d'onde fondamentales à cette unité, le Comité international des Poids et Mesures a voulu se prémunir encore contre les possibilités d'une variation ultérieure de ce rapport, et, pour cela, constituer un troisième terme de comparaison par l'établissement et la détermination d'étalons en quartz cristallisé, substance offrant toute garantie de stabilité et d'inaltérabilité.

Ces étalons, construits par M. Jobin en 1909, sont constitués par des prismes, à section carrée, de $25^{mm}$ de côté, taillés dans le quartz parallèlement à l'axe cristallographique, et terminés par des faces polies, planes et parallèles.

La méthode de mesure à employer devait éviter toute argenture des faces de l'étalon, comme étant de nature à porter atteinte à l'intégrité de ces surfaces. Dans une première méthode, déjà mise en œuvre, j'ai utilisé l'appareil Michelson légèrement modifié. Le miroir semi-argenté S (*fig.* 1)

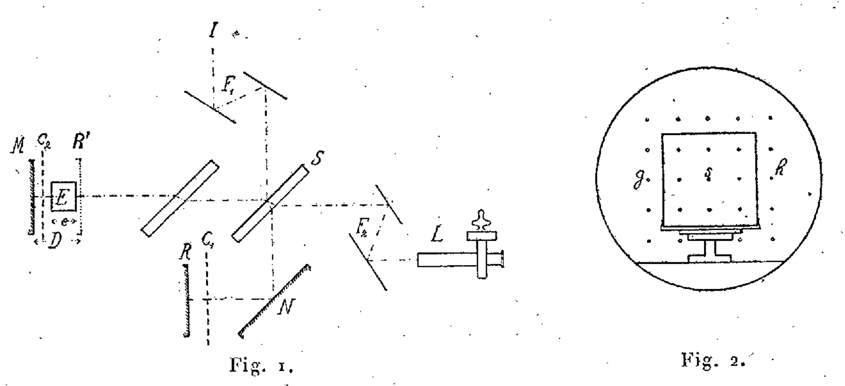



Fig. 1. Fig. 2.

subdivise le faisceau incident I en deux parties dont l'une, réfléchie, va frapper le miroir M et au retour traverse partiellement S, tandis que l'autre, transmise, va tomber sur le miroir R (plan de référence) après réflexion accessoire sur N, et au retour se réfléchit partiellement sur S. En se rejoignant dans la lunette d'observation L, les deux parties du faisceau interfèrent; et, pour se rendre compte des phénomènes qui prennent naissance, il est commode de considérer les positions relatives du miroir M et de l'image R' du miroir R par rapport à la glace semi-argentée S.

L'étalon E est placé devant le miroir M sur un support spécial, de façon à couvrir la région centrale de ce miroir, et réglé au parallélisme avec lui; M et R' sont également réglés au parallélisme. Le miroir R et l'étalon sont munis de points de repère qui se correspondent (*fig.* 2). Un mécanisme de déplacement du faisceau lumineux à grande amplitude $F_1F_2$, constitué par deux systèmes de petits miroirs parallèles, permet de diriger le faisceau et, en même temps, la visée de la lunette, soit sur le bord des miroirs en dehors de l'étalon, aux points de repère $g$, $h$, par exemple (*fig.* 2), soit dans la région centrale des miroirs en un point choisi ($s$, par exemple, milieu de $gh$) de l'étalon à étudier, de sorte que le faisceau réfléchi par M traverse deux fois le quartz. Dans le premier cas, les ordres d'interférence $P_g$ et $P_h$ des deux parties du faisceau, pour les rayons normaux aux surfaces, sont tels que

(1) $$P_s\lambda_a = 2D \qquad \left(\text{en posant } P_s = \frac{1}{2}P_g + \frac{1}{2}P_h\right)$$ [1],

où $\lambda_a$ est la longueur d'onde de la radiation employée dans les conditions atmosphériques de l'observation, et D la distance de l'image R' à M, au point $s$. Dans le second cas, l'ordre d'interférence sera $P'_s$ tel que

(2) $$P'_s\lambda_a = 2(D - e) + 2n'e,$$

$n'$ étant l'indice relatif du quartz par rapport à l'air ambiant et $e$ l'épaisseur cherchée de l'étalon.

Dans une deuxième expérience encadrant la première, des écrans $c_1$ et $c_2$ sont interposés l'un devant le miroir R, l'autre entre le miroir M et l'étalon E. En l'absence de toute surface argentée, les interférences se produisent seulement entre les deux faces parallèles du quartz, et l'ordre d'interférence au point $s$ est $P''_s$, tel que

(3) $$P''_s\lambda_a = 2n'e.$$

Si l'on peut déterminer les ordres P, P', P'', on a trois équations à trois inconnues D, $n'$, $e$. En réalité, on observe dans la lunette micrométrique L les anneaux à l'infini dont le diamètre angulaire $2i$ permet seulement de calculer les excédents fractionnaires au centre $r$, $r'$ et $r''$ des P, P' et P''

(1) En fait, comme la planitude des surfaces de l'appareil Michelson n'est pas irréprochable, j'ai déterminé la correction $\varepsilon$ en $s$, telle que $P_s = \frac{1}{2}P_h + \frac{1}{2}P_g + \varepsilon$, par des expériences préalables exécutées sans interposition de l'étalon à étudier.

(K partie entière, $r$ partie décimale $P = K + r$) par les formules

$$r = i^2\frac{D}{\lambda}, \qquad r' = \frac{i'^2}{\lambda}\left[D - e\left(1 - \frac{1}{n'}\right)\right], \qquad r'' = i''^2\frac{e}{n'\lambda},$$

où des valeurs grossièrement approchées des quantités D, $n'$, $e$ suffisent.

La méthode des coïncidences, appliquée à l'expérience (1), permet de retrouver, par l'observation de plusieurs radiations différentes, les entiers K, connaissant les excédents $r$; mais les rapports des indices de ces radiations n'étaient tout d'abord pas assez exactement connus pour appliquer le même procédé aux expériences (2) et (3); pour les premières mesures exécutées sur un quartz de $10^{mm}$ j'ai dû, tout d'abord, passer outre à la détermination de $n'$, et appliquer la méthode des coïncidences à la différence

$$P' - P'' = 2\frac{D - e}{\lambda_a},$$

par l'emploi des différences $r' - r''$ des excédents fractionnaires d'une même radiation. Toutefois, la mesure ultérieure d'une pièce plus mince ($2^{mm}$) a suffi comme intermédiaire pour le calcul, en deux approximations, des longueurs d'onde dans le quartz, c'est-à-dire des indices.

Actuellement, deux étalons ont été chacun l'objet de plusieurs déterminations; la concordance des résultats obtenus est de l'ordre du centième de micron. D'autre part, les valeurs trouvées sur l'indice absolu du quartz, ramenées à la température moyenne des expériences, ont été les suivantes pour les diverses radiations :

| Longueur d'onde $\lambda$. | Indice moyen (rayon ordinaire). | |
|---|---|---|
| | Etalon de $2^{mm}$ à $11°,96$. | Etalon de $10^{mm}$ à $16°,26$. |
| mμ | | |
| 435,8341 | 1,55469 | 1,554599 |
| 546,0740 | 1,54716 | 1,547084 |
| 576,9596 | 1,54578 | 1,545692 |
| 579,0657 | 1,54570 | 1,545605 |
| 585,2488 | 1,54544 | 1,545354 |
| 588,1895 | | 1,545236 |
| 594,4834 | 1,54508 | 1,544990 |
| 609,6163 | 1,54452 | |
| 643,84696 | 1,54336 | |

PHYSIQUE. — *Sur les larges régions continues d'absorption de la lumière.* Note de M. G. Ribaud, présentée par M. J. Violle.

Nous avons montré (¹) que les gaz possèdent deux catégories d'absorption (raies fines et larges régions continues) n'ayant aucun caractère commun. Dans le cas des raies fines, la théorie cinétique de l'absorption semble en tous points applicable. En revanche, pour les régions continues d'absorption, il s'agit d'un phénomène moléculaire sur lequel les molécules voisines influent très peu et dont le mécanisme doit être recherché au sein de la molécule absorbante. Ces larges régions continues ne se différencient en rien de celles que l'on rencontre dans les liquides et les solides.

La théorie électromagnétique classique fournit des indications sur la forme de ces courbes d'absorption; mais aucune théorie, même approchée, n'a été donnée jusqu'ici précisant l'origine de cette absorption. Les seules lois expérimentales connues sont les suivantes.

Si l'on considère les différentes bandes d'absorption d'un même corps, les fréquences de maximums de ces bandes semblent être des multiples entiers d'une même fréquence infra-rouge (²).

En outre, les trois états physiques (vapeur, liquide, solide) d'un même corps possèdent, en général, une bande d'absorption dont le maximum est situé dans la même région du spectre; ce maximum est d'autant plus déplacé vers les grandes longueurs d'onde que le corps est plus dense. Dans le cas des solutions d'un même corps, la loi énoncée par Kundt (le déplacement vers les grandes longueurs d'onde est d'autant plus grand que l'indice du solvant est plus grand) a été reconnue inexacte. Étant donnée l'ignorance à peu près complète dans laquelle nous nous trouvons au sujet de ces larges régions continues d'absorption, il nous a paru intéressant de rechercher les lois expérimentales fixant leur position et leur largeur.

*Changements de position d'une bande d'absorption.* — Dans un précédent travail (³) nous avons montré que les différences dans la position des diverses bandes données par un même corps sous différents états physiques pouvaient s'expliquer en faisant intervenir la polarisation diélectrique des molécules avoisinant la molécule absorbante. Le calcul amène à conclure

---

(¹) G. Ribaud, *Annales de Physique*, t. 12, 1919, p. 109.

(²) Voir sur ce sujet V. Henri, *Études de Photochimie*. Gauthier-Villars, 1919.

(³) *Loc. cit.*, p. 121.

que le déplacement doit être d'autant plus grand que l'indice d'absorption maximum est plus grand. J'ai fait depuis un très grand nombre de vérifications en parfait accord qualitatif avec la règle ci-dessus ([1]).

Cette règle est même applicable aux courbes d'absorption d'un même groupement chimique dans divers composés ([2]), en sorte que l'on est en droit d'énoncer la loi générale suivante :

*Pour un même corps dans divers états physiques ou pour un même groupement chimique au sein de divers composés, le maximum de la région continue d'absorption est d'autant plus déplacé vers les grandes longueurs d'onde que l'indice d'absorption maximum* $X_m$ *est plus grand.*

*Relation entre l'amortissement dans une bande d'absorption et la position de cette bande dans le spectre.* — Aucune théorie ne fournit actuellement d'indications sur l'origine de l'amortissement dans les larges bandes d'absorption. Nous avons déjà insisté sur le fait que, pour un même corps, l'amortissement est indépendant du degré de rapprochement de ses molécules, le même pour le gaz, le solide, le liquide ou les solutions dans divers solvants. Le rapprochement entre les mesures effectuées sur des corps différents amène à une généralisation de ce fait qui nous semble d'une grande importance et que tout essai de théorie devra expliquer.

*A une température donnée, l'amortissement dans une bande d'absorption ne dépend que de la position de cette bande dans le spectre* ([3]). Autrement dit, si deux corps ont une bande d'absorption dans la même région du

---

([1]) La vérification est particulièrement nette pour les solutions d'iode dans l'éther, la benzine, le chloroforme et le sulfure de carbone, solutions pour lesquelles la loi de Kundt n'est pas valable.

([2]) On trouvera en particulier de très nombreuses données quantitatives permettant cette vérification dans le livre de Victor Henri (*loc. cit.*).

([3]) Cette loi est, on le voit facilement, en complet désaccord avec la loi théorique donnée par Victor Henri (*loc. cit.*, p. 39) : l'amortissement est inversement proportionnel à la valeur du coefficient d'absorption maximum. Il est facile de se rendre compte sur les courbes tracées par l'auteur (p. 43) que, pour des bandes dans lesquelles le coefficient d'absorption maximum $\varepsilon_\mu$ varie du simple au double, le coefficient d'amortissement ou, ce qui revient au même, la largeur de la bande comptée aux points d'ordonnée $\frac{\varepsilon_\mu}{2}$ reste très sensiblement la même. Le calcul indiqué par l'auteur (p. 37) suppose $p_0$ (nombre de vibrateurs par molécule) égal à 1. On sait que ce nombre, très rarement égal à 1, diffère d'un corps à l'autre, diffère également pour un même corps pris dans des conditions physiques non identiques (solutions violettes d'iode dans divers solvants).

spectre, les amortissements ou, ce qui revient au même, les largeurs de leurs bandes, sont les mêmes.

J'ai trouvé dans la région $255^{m\mu}$-$280^{m\mu}$ six bandes pour lesquelles des mesures quantitatives ont été faites, appartenant à des corps aussi différents que possible au point de vue chimique (ozone... méthylisobutylcétone). Pour toutes ces bandes, les largeurs trouvées sont les mêmes ($40^{m\mu}$ à $44^{m\mu}$). Dans la région $500^{m\mu}$, cinq bandes ont été étudiées fournissant des largeurs qui varient entre $75^{m\mu}$ et $80^{m\mu}$. Un très grand nombre de corps organiques possèdent une bande d'absorption dont le maximum est compris entre $3^{\mu},2$ et $3^{\mu},5$. Treize de ces bandes, pour lesquelles il existe des mesures quantitatives, ont fourni des largeurs comprises entre $680^{m\mu}$ et $760^{m\mu}$. La vérification est tout à fait satisfaisante si l'on tient compte de l'incertitude assez notable que comporte le calcul de cette largeur à partir des courbes expérimentales d'absorption.

*La largeur* $\delta$ *d'une bande d'absorption, uniquement fonction de sa position dans le spectre, croît de façon continue lorsqu'on passe de l'ultraviolet à l'infra-rouge,* à peu près proportionnellement à la longueur d'onde du maximum :

Pour $\lambda_m = 270^{m\mu}$, $\delta = 42^{m\mu}$,

$$\frac{\lambda_m}{\delta} = 6,4;$$

Pour $\lambda_m = 500^{m\mu}$, $\delta = 77^{m\mu}$,

$$\frac{\lambda_m}{\delta} = 6,5;$$

Pour $\lambda_m = 3300^{m\mu}$, $\delta = 720^{m\mu}$,

$$\frac{\lambda_m}{\delta} = 4,9.$$

Il est, en outre, intéressant de faire remarquer que, pour toutes les bandes ultraviolettes et visibles étudiées, *les largeurs observées fournissent un coefficient d'amortissement* $r$ (défini par la relation

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + mr\frac{dx}{dt} + m\omega_m^2 x = he)$$

*très sensiblement égal à la fréquence* $\nu$.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur l'absorption des rayons de Röntgen par la matière.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. Deslandres.

On sait que, pour les rayons X, le coefficient d'absorption atomique de fluorescence suit une loi de la forme $K\lambda^3 N^4$ où $\lambda$ est la longueur d'onde et N le nombre atomique. Si l'on construit pour un corps donné la courbe qui représente le coefficient d'absorption en fonction de la longueur d'onde, on voit qu'il existe des longueurs d'onde critiques pour lesquelles l'absorption subit de brusques discontinuités et entre lesquelles la loi en $\lambda^3$ s'applique. Chaque discontinuité est caractérisée par un saut d'absorption égal au rapport des coefficients d'absorption immédiatement avant et immédiatement après la discontinuité.

On a démontré expérimentalement qu'un corps plongé dans un rayonnement de fréquence supérieure à une de ses fréquences critiques émet la série spectrale correspondante. On peut exprimer ce fait sous forme mathématique en disant que l'atome a, sous l'influence du rayonnement, une certaine probabilité de passer de l'état normal à l'état excité qui le met à même d'émettre la série spectrale. Suivant un mode de raisonnement indiqué par Einstein [1], on peut déterminer cette probabilité en exprimant l'égalité des échanges d'énergie entre la matière et le rayonnement dans l'équilibre thermodynamique. En supposant que le retour spontané de l'atome de l'état excité à l'état normal a une probabilité proportionnelle à la différence d'énergie de ces deux états, j'ai pu déduire pour le coefficient d'absorption la formule

$$\mu_{at} = \text{const.}\, \lambda^3 \Sigma_p E_p^2,$$

où $E_p$ désigne la différence des énergies de l'atome dans l'état normal et dans l'état excité. La somme est étendue à toutes les discontinuités de longueurs d'onde inférieures à $\lambda$. Lorsqu'on traverse une des longueurs d'onde critiques, le nombre des termes de cette somme varie d'une unité, ce qui traduit analytiquement le fait de la discontinuité. La formule obtenue permet de calculer les sauts d'absorption; par exemple, pour la discontinuité K, on aura

$$d_K = \frac{E_K^2 + l E_L^2 + m E_M^2 + \ldots}{l E_L^2 + m E_M^2 + \ldots},$$

où $l$, $m$, ... sont les nombres d'anneaux L, M, ....

---

(1) *Ph. Zeit.*, t. 18, 1917, p. 121.

Si l'on emprunte les valeurs des $E_p$ à la théorie de l'atome de Bohr, on obtient ainsi des valeurs en bon accord avec l'expérience. Pour le platine, par exemple, on trouve :

| | Saut K. | Saut $L_3$. | Saut $L_2$. | Saut $L_1$. |
|---|---|---|---|---|
| Observé | 5,8 | 1,4 | 1,8 | 2,85 |
| Calculé | 6,1 | 1,4 | 1,7 | 3,0 |

L'expérience montre que le saut d'absorption K est une fonction légèrement décroissante du nombre atomique, ce qui indique que la loi en $N^4$ n'est pas tout à fait rigoureuse. Notre théorie rend compte aussi de l'écart par rapport à la loi en $N^4$ et permet de prévoir, au moins dans les grandes lignes, la variation du saut K.

Kossel a montré (1), en s'appuyant sur le modèle d'atome de Bohr, que les phénomènes d'absorption sélective, s'ils existent, ne doivent se produire dans chaque série de raies que dans un domaine de fréquence extrêmement étroit contigu à la bande d'absorption correspondante, et Fricke (2) a observé, en effet, une structure fine dans cette région. En raisonnant toujours sur l'équilibre thermodynamique, j'ai montré que le principe de Carnot exige l'existence de bandes et de lignes d'absorption occupant la même position spectrale que les bandes et lignes d'émission et inversement (loi de Kirchhoff). J'ai pu ensuite démontrer que le coefficient d'absorption sélective d'une raie de fréquence $\nu$ est donné par la formule

$$\text{const.}\,\nu^{-3}e^{-\frac{h}{kT}(\nu_D-\nu)},$$

où $h$ et $k$ sont les constantes classiques, T la température et $\nu_D$ la fréquence de la tête de bande d'absorption.

En tenant compte des ordres de grandeur, on voit alors que $\nu$ doit être très voisin de $\nu_D$ pour que la valeur de l'exponentielle ne soit pas très petite. La formule obtenue indique pour le domaine où doivent se produire les cannelures une étendue qui, exprimée en longueurs d'onde, est proportionnelle à la température et en raison inverse du carré du nombre atomique. En employant des écrans de faible poids atomique, portés à une température élevée, cette étendue semble devoir être de l'ordre de $10^{-11}$ cm. Dans ces conditions, la mise en évidence de ces phénomènes par l'expérience apparaît comme possible.

Comme je l'ai dit plus haut, l'existence de ces cannelures d'absorption

(1) *Z. für Physik*, t. 1, 1920, p. 119.
(2) *Ph. Rev.*, t. 16, 1920, p. 202.

est liée à l'existence d'une bande d'émission qui est le renversement de celle d'absorption. Des phénomènes de ce genre ont été signalés pour le tungstène; il serait intéressant de voir si le fait est général et si les raisonnements que je viens d'indiquer permettent la prévision exacte des phénomènes de fluorescence X.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode générale d'intégration électrique continue.* Note de M. F. **Brocq**, présentée par M. Paul Janet.

Supposons une fonction $y = f(x)$ et prenons-en la dérivée $\frac{dy}{dx} = f'(x)$.

Cela fait, portons sur des coordonnées rectangulaires les valeurs de $\frac{dy}{dx}$ pour des valeurs successives de $x$; nous obtiendrons une courbe que nous reporterons avec son axe des $x$ et ses ordonnées extrêmes sur une feuille isolante mince et rigide; nous découperons cette courbe entre deux ordonnées correspondant à $x_0$ et $x_1$ et nous y enroulerons, parallèlement à l'axe des $y$, un fil fin isolé, de résistance convenable, qui sera dénudé suivant l'axe des $x$.

La longueur du fil enroulé et, par suite, sa résistance sont proportionnelles à la surface qu'il recouvre, c'est-à-dire à la surface comprise entre les ordonnées $y_0$ et $y_1$, la courbe et l'axe des $x$; elle représente donc

$$\int_{x_2}^{x_1} f'(x)\, dx.$$

Pour avoir d'une façon continue la valeur de cette intégrale pour $x$ variant entre $x_0$ et $x_1$, il suffira de faire passer dans l'enroulement un courant constant, et de mesurer, au voltmètre, la différence de potentiel entre l'origine de l'enroulement et le frotteur mobile qui fait intervenir les valeurs de $x$.

Le voltmètre indiquera toujours

$$\int_{x_0}^{x} f'(x)\, dx.$$

Si la fonction connue était la fonction dérivée de celle qui représente le phénomène qu'on veut utiliser, il suffirait de lui appliquer directement la méthode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le sous-iodure de tellure* $TeI^2$. *Contribution à l'étude du système iode-tellure.* Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Berzélius ([1]) a décrit trois composés d'iode et de tellure, de formules $TeI^2$, $TeI^4$ et $TeI^6$.

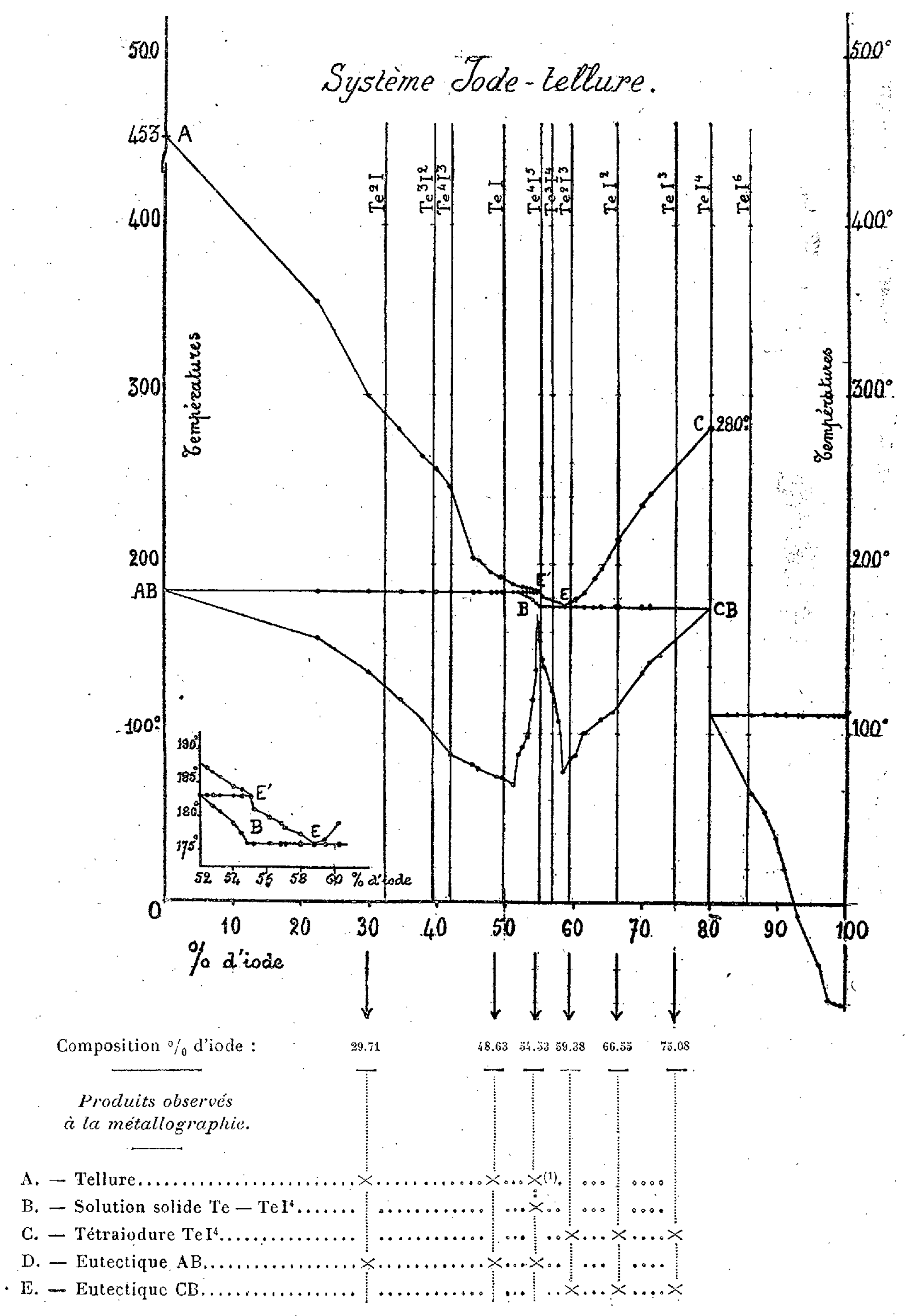
L'existence du premier, le sous-iodure, a été admise par Hampe ([2]), puis par Olivari ([3]), à la suite d'une étude cryoscopique de la solution de tellure dans l'iode liquide. Elle fut mise en doute par Gutbier et Flury ([4]), par Jaeger et Menke ([5]), à la suite de l'étude thermique du système iode-tellure; par Wright ([6]), à la suite de l'étude des tensions de vapeurs. Le tétraiodure serait seul défini. Enfin, dans un travail récent, Beckmann et Hanslian ([7]), se plaçant au point de vue de la complexité moléculaire du tellure, admettent que, dans l'iode liquide, il peut se former un groupement de deux atomes de tellure, mais sans envisager la formation d'une combinaison quelconque.

Nous avons repris l'étude thermique du système iode-tellure. Notre mode opératoire, sur lequel il serait trop long d'insister ici, a été choisi de manière à éviter plusieurs causes d'erreur relevées dans le travail de Jaeger et Menke. Il offre les avantages suivants : 1° les masses sont toujours chauffées dans une atmosphère d'un gaz inerte tel que l'anhydride carbonique, ce qui évite l'action oxydante de l'air; 2° pendant toute la période de refroidissement, où sont faites les déterminations, on maintient une agitation constante, à l'aide du thermomètre sur lequel sont lues les températures, ce qui est nécessaire, à cause de la mauvaise conductibilité des produits. On peut noter ainsi assez exactement la fin de la cristallisation et établir par conséquent la courbe des durées de cristallisation des paliers.

On utilise un thermomètre Baudin donnant avec certitude le demi-degré, et d'une faible masse calorifique, la cuvette ne renfermant que $0^{cm^3},10$ de

---

([1]) Berzélius, *Annales Ch. Phys.*, 2e série, t. 58, 1835, p. 271.
([2]) Hampe, *Chem. Zeits.*, t. 12, 1888, p. 122.
([3]) Olivari, *Atti r. Accad. Lincei*, 2e série, t. 18, 1909, p. 384.
([4]) Gutbier et Flury, *Z. anorg. Ch.*, t. 32, 1902, p. 108.
([5]) Jaeger et Menke, *Z. anorg. Ch.*, t. 75, 1912, p. 241-256; t. 77, 1912, p. 320.
([6]) Wright, *Chem. Soc.*, t. 107, 1915, p. 1527.
([7]) Beckmann et Hanslian, *Z. anorg. Ch.*, t. 80, 1913, p. 221.




| Composition % d'iode : | 29.71 | 48.63 | 54.53 | 59.38 | 66.55 | 75.08 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Produits observés à la métallographie.* | | | | | | |
| A. — Tellure | × | × | ×(1) | | | |
| B. — Solution solide Te — TeI⁴ | | | × | | | |
| C. — Tétraiodure TeI⁴ | | | | × | × | × |
| D. — Eutectique AB | × | × | × | | | |
| E. — Eutectique CB | | | | × | × | × |

(1) En faux-équilibre, dans les parties refroidies rapidement.

mercure. Il entre en jeu dans chaque opération 50g à 60g de substance préparée dans l'appareil même à partir d'iode et de tellure et analysée après la détermination. Nous donnons ci-dessus la courbe obtenue, et les conclusions de l'examen métallographique de produits ayant diverses compositions.

Comme l'avaient constaté Jaeger et Menke, la courbe thermique ne met en évidence qu'un seul composé défini : le tétraiodure $TeI^4$, mais nos résultats sont par ailleurs très différents de ceux de ces derniers auteurs.

Nous avons observé sur cette courbe un point d'eutexie E et un point de transition E'. Celui-ci correspond au dépôt d'une solution de tellure dans le tétraiodure. Il y a donc une zone de solubilité limitée des deux corps l'un dans l'autre. La courbe des durées de cristallisation appuie exactement les conclusions des courbes de *solidus* et de *liquidus*.

Le produit de composition $TeI^2$, fondu et refroidi, laisse cristalliser d'abord du tétraiodure à partir de 215°, la température s'abaisse régulièrement, puis à 176°,3 se dépose l'eutectique tétraiodure — solution solide jusqu'à complète solidification. Ces deux constituants se retrouvent à l'examen métallographique.

En ce qui concerne la partie de courbe correspondant aux mélanges plus riches en iode que le tétraiodure, elle nous a montré que le tétraiodure de tellure est presque insoluble dans l'iode liquide. L'iode pur fondant à 114°,2 et bouillant à 184°,35 (Ramsay et Young), l'eutectique iode — $TeI^4$ fond à 113°,5 et bout à 185°. On ne peut pas tracer la courbe de solidification commençante pour cette raison, la température nécessaire pour la fusion totale étant plus élevée que le point d'ébullition de l'iode. Les chiffres donnés ici par Jaeger et Menke sont donc faux. De même les mesures cryoscopiques d'Olivari d'une part, Beckmann et Hanslian d'autre part, n'ont aucun sens.

En résumé, les points critiques de notre courbe sont les suivants :

| | Composition pour 100 d'iode. | Point de fusion. |
|---|---|---|
| Eutectique tellure : solution solide tellure-tétraiodure A. B | 55 | 183°,5 |
| Eutectique tétraiodure : solution solide tellure-tétraiodure C. B | 58,7 | 176°,3 |
| Solution solide tellure-tétraiodure B | 52,5 à 55 | décomposée à 183°,5 |
| Eutectique iode-tétraiodure | traces de $TeI^4$ | 113°,5 |

Le corps de formule $TeI^2$ n'a donc pas la nature d'un composé défini. Il

se présente comme un mélange de deux subtances : du tétraiodure et une solution solide de tellure et de tétraiodure, toutes deux partiellement mêlées en un eutectique. L'analyse thermique et la métallographie appuient cette conclusion.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une combinaison complexe du thallium et de l'acide fluorhydrique*. Note (¹) de M. **Barlot**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note publiée antérieurement (²) nous avons signalé l'existence de nouvelles combinaisons des chlorures, bromures et iodures de plomb et de thallium, mises en évidence par leurs formes cristallines et par l'étude des conductibilités et des coefficients d'aimantation. En essayant d'étendre ces recherches aux fluorures, nous avons été amené à préparer et à étudier un nouveau fluorhydrate de fluorure thalleux.

Willm (³) avait mentionné l'existence d'un fluorhydrate de fluorure auquel il attribuait la formule TlF, HF et qu'il décrit comme étant constitué par des octaèdres, très solubles dans l'eau, inaltérables à 100°, et perdant de l'acide fluorhydrique à plus haute température.

Enfin Kuhlmann (⁴) aurait obtenu, par action de l'acide fluorhydrique sur le carbonate thalleux, des cristaux prismatiques, probablement clinorhombiques d'un fluorure hydraté; en se plaçant dans les mêmes conditions Willm n'a pu reproduire cette combinaison, mais a observé des cristaux tabulaires hexagonaux, perdant à chaud de l'eau et de l'acide fluorhydrique.

Le corps que nous avons obtenu a été préparé par l'action, à chaud, de l'acide fluorhydrique étendu sur le thallium métallique, obtenu lui-même à partir de l'acétate par déplacement au moyen du zinc pur. Le thallium se dissout assez lentement, et, par évaporation complète au bain de sable, on obtient une masse blanchâtre qui, reprise par l'eau, abandonne par évaporation dans le vide des cristaux blancs, brillants, formés de prismes allongés. Au microscope, ces derniers apparaissent souvent groupés, ou placés à la suite des uns des autres, dessinant des contours hexagonaux réguliers; on observe aussi des formes en feuilles de fougère avec ramifications à 60°.

(¹) Séance du 29 novembre 1920.
(²) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 794.
(³) Willm, *Thèse*, Paris, et *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, t. 5, 1865, p. 5.
(⁴) Kuhlmann, *Comptes rendus*, t. 58, 1864, p. 1037.

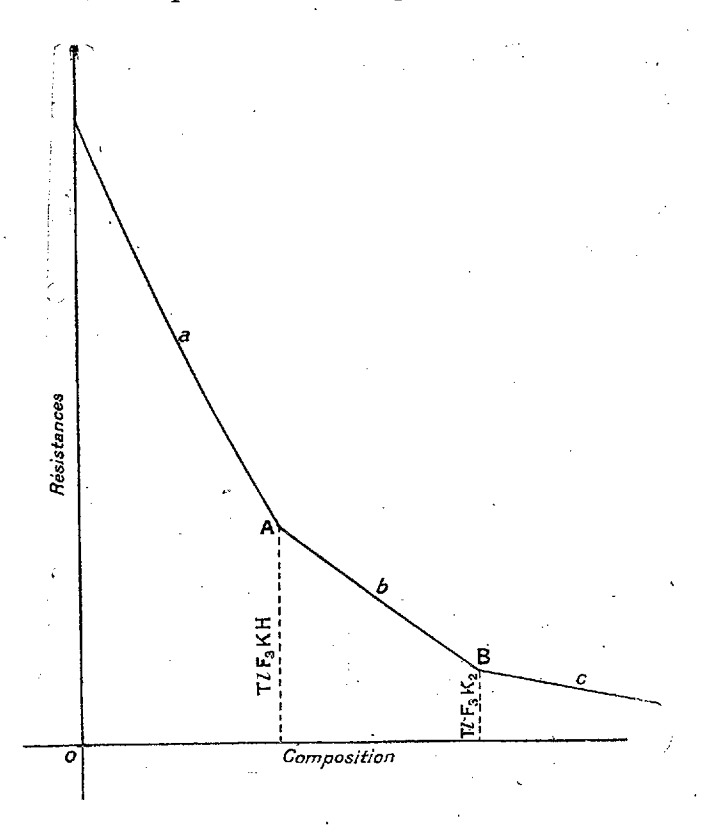
Ce sel fond facilement en donnant des vapeurs d'acide fluorhydrique; il se dissout dans l'eau, à froid, en donnant une solution acide vis-à-vis des réactifs colorés, mais n'attaquant pas le verre, ce qui semble indiquer l'absence d'ions fluor.

On peut dans une telle solution doser le thallium par les procédés ordinaires, par exemple par l'iodure de potassium; ceci conduit à attribuer au fluorure la formule TlF, 2HF; en effet, les résultats de l'analyse sont les suivants :

*Dosage du thallium.*

| | |
|---|---|
| Théorie pour TlF, 2HF.................. | 77,6 pour 100 |
| Trouvé.................................. | 77,4 » |

Quant au fluor, il ne peut être décelé par les réactifs ordinaires et l'on




n'obtient aucun précipité en employant les méthodes habituelles de dosage, c'est-à-dire en traitant la solution par un sel de calcium soluble, nitrate ou chlorure. Le résultat est négatif à chaud ou à froid après plusieurs jours de

contact. Les essais en liqueur basique après addition de carbonate de soude ont toujours donné un précipité blanc formé uniquement de carbonate de calcium soluble dans l'acide acétique.

Cette dissimulation du fluor dans la molécule vis-à-vis du calcium conduirait à admettre comme formule de constitution $Tl(F^3)H^2$. La présence de deux atomes d'hydrogène indiquerait deux fonctions acides : l'étude de la courbe de neutralisation confirme ces prévisions.

L'expérience a été faite avec des solutions centinormales de potasse et de fluorhydrate de fluorure de thallium, mélangées en quantités variables, et constamment ramenées au même volume total. La représentation graphique faite en portant en ordonnées les résistances mesurées à l'aide du dispositif classique du pont de Kohlrausch, et en abscisses les quantités de potasse employées pour une quantité fixe de fluorhydrate, a donné une portion incurvée *a*, puis deux lignes sensiblement droites *b* et *c*, déterminant ainsi deux points A et B dont les abscisses correspondent aux deux corps

$$TlF^3KH \quad \text{et} \quad TlF^3K^2.$$

Enfin la mesure du coefficient d'aimantation spécifique faite en utilisant la balance magnétique de Curie et Cheneveau nous a montré que le coefficient mesuré est supérieur d'environ 50 pour 100 à celui que l'on peut calculer à partir des éléments.

Cette exaltation du diamagnétisme est sans doute attribuable en partie au groupement des atomes de fluor.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction du permanganate par l'acide arsénieux.* Note de M. **Max Geloso**, présentée par M. H. Le Chatelier.

En solution sulfurique, le titrage du permanganate par l'acide arsénieux conduit à une liqueur vert émeraude qui, abandonnée au repos, se trouble assez rapidement, avec formation d'un précipité rouge brun.

Deiss [1], puis Travers [2], ont constaté que la réduction est limitée à la production d'un oxyde de manganèse intermédiaire entre $MnO^2$ et $Mn^2O^3$.

Nous étudierons ici le degré d'oxydation de ce composé et son mode de formation.

---

(1) Deiss, *Revue de Métallurgie*, 1911, p. 174.
(2) Travers, *Revue de Métallurgie*, 1917, n° 6.

A cet effet, on emploie une liqueur de permanganate décinormale, dont le titre a été déterminé par le sel de Mohr et le fer électrolytique, et une liqueur décinormale d'acide arsénieux purifié par sublimation.

Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant, où les volumes sont réduits en centimètres cubes de liqueurs décinormales :

Dilution = 100$^{cm^3}$. $MnO^4K = 1,0022\left(\frac{N}{10}\right)$. $As^2O^3 = \left(\frac{N}{10}\right)$.

| Acidité sulfurique (en cm³) d'acide à 50° Bé. | Cent. cubes de $MnO^4K$ $\left(\frac{N}{10}\right)$. | Milligrammes de Mn correspondants (M). | Cent. cubes d'$As^2O^3$ $\left(\frac{N}{10}\right)$. | Milligrammes d'$As^2O^3$ correspondants (M'). | $\frac{M'}{M} = X$. | Écarts de la moyenne en milligrammes. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1... | 2,00 | 2,202 | 1,50 | 7,422 | 3,270 | +0,052 |
| 2... | 5,01 | 5,505 | 3,65 | 18,060 | 3,281 | −0,037 |
| 4... | 10,02 | 11,010 | 7,40 | 36,615 | 3,326 | +0,008 |
| 6... | 15,03 | 16,515 | 11,05 | 54,675 | 3,311 | −0,007 |
| 8... | 20,04 | 22,020 | 14,75 | 72,983 | 3,314 | −0,004 |
| 10... | 25,05 | 27,525 | 18,40 | 91,043 | 3,308 | −0,010 |

Partant de 20$^{cm^3}$ de $MnO^4K\left(\frac{N}{10}\right)$ :

Si la réduction s'était terminée en MnO, on aurait versé 20$^{cm^3}$ d'acide arsénieux; si elle avait produit un sel de $Mn^2O^3$ ou de $MnO^2$, le virage aurait eu lieu, selon le cas, pour 15$^{cm^3}$,95 ou 12$^{cm^3}$ du réducteur.

Un calcul d'erreurs permet d'écrire :

$$3,28 < X < 3,35.$$

Posons, en première approximation, X = 3,3. L'oxyde envisagé devient alors $Mn^3O^5$ ou $2MnO^2, MnO$ et la réduction se présente sous la forme schématique suivante :

$$3Mn^2O^7 \rightarrow 2Mn^3O^5 + 11O.$$

On s'est assuré de l'exactitude de cette formule en réduisant $Mn^3O^5$ par l'acide oxalique et titrant en retour au permanganate.

*Influence de l'acidité.* — L'addition d'acide $SO^4H^2$ en grande proportion, à la liqueur verte, produit une coloration rouge violacé, par formation probable de sulfate de sesquioxyde.

On a remarqué, d'ailleurs, que le virage ne s'effectue que dans certaines limites d'acidité qui sont approximativement fixées par les déterminations suivantes :

$SO^4H^2$ *à* 50° Bé (*Densité* = 1,53).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Centimètres cubes de $MnO^4K\left(\frac{N}{10}\right)$ .......... | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Limite inférieure d'acidité (en cm³).......... | 1 | 2 | 2,5 | 3 |
| Limite supérieure d'acidité (en cm³).......... | 5,5 | 7,5 | 9,5 | 11,5 |

En deçà de la limite inférieure, le virage est brun jaunâtre, la solution se trouble rapidement. En particulier, si l'on opère la réduction à neutralité, le virage est impossible, la précipitation se produisant au cours de la réaction.

Par contre, au delà de la limite supérieure, le virage est peu net. La solution ne passe plus au vert franc mais présente une coloration de plus en plus rougeâtre.

On a remplacé $SO^4H^2$ par les acides nitrique et phosphorique qui donnent un virage vert net; par les acides tartrique, tartrique-sulfurique pour lesquels le virage est peu visible. En opérant en liqueur sulfurique et en présence d'un excès d'acide arsénique, le virage est franc. Cependant le terme de la réduction paraît être déplacé par un excès de $As^2O^5$.

Ainsi, à $20^{cm^3}$ de permanganate, ne correspondent plus que $14^{cm^3},4$ d'acide arsénieux, en présence de $800^{mg}$ de $As^2O^5$.

On a effectué la réduction en présence de différents métaux introduits sous forme de sulfate : Zn, Ni, Al, Mg, K. Seuls le manganèse ($SO^4Mn$) et l'argent ont une influence; tous deux à des degrés différents tendent à produire un sel de $MnO^2$.

$20^{cm^3}$ $MnO^4K\left(\frac{N}{10}\right)$. $As^2O^3\ \frac{N}{10}$. Dilution : $100^{cm^3}$. Acidité : $8^{cm^3}$ $SO^4H^2$ à 50° Bé.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MnO (mg)...... | 0 | 29,6 | 59,3 | 88,9 | 118,6 | 177,9 |
| $As^2O^3$ (cm³).... | 14,7 | 13,4 | 12,8 | 12,3 | 12,1 | Le virage ne se voit pas |
| $Ag^2O$ (mg)..... | 0 | 1,44 | 28,8 | 43,2 | 72 | 1440 |
| $As^2O^3$ (cm³).... | 14,7 | 14,37 | 13,15 | 12,88 | 12,68 | 12,6 |

En résumé, le composé $Mn^3O^5$ ne semble pas présenter les caractères d'un oxyde défini. Il est permis, dans l'état actuel de la question, de supposer que la liqueur obtenue par réduction est formée d'un sel double. L'un, sel manganeux incolore; l'autre vert, peu stable, où le bioxyde aurait un rôle basique, ce qui n'est pas surprenant depuis les travaux de Frémy sur cet oxyde [1].

[1] FRÉMY, *Comptes rendus*, t. 82, 1876, p. 475.

Ces deux oxydes se trouveraient dans les proportions de $2 MnO^2$ pour $1 MnO$.

Nous espérons que de nouvelles recherches nous permettront d'interpréter le phénomène avec plus de précision.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique de l'hydrobenzamide. Méthode de préparation de la benzylamine.* Note de M. **Georges Mignonac**, présentée par M. Charles Moureu.

Les premiers essais d'hydrogénation de l'hydrobenzamide

$$\begin{matrix} C^6H^5CH=N \\ C^6H^5CH=N \end{matrix} \Big> CH.C^6H^5$$

furent effectués en mettant en œuvre comme agent hydrogénant l'amalgame de sodium et l'alcool absolu. Otto Fischer [1] signale que par ce procédé, en n'utilisant que la quantité d'amalgame correspondant à la fixation de $4^{at}$ d'hydrogène, on obtient une masse cristalline blanche

$$\begin{matrix} C^6H^5CH^2NH \\ C^6H^5CH^2NH \end{matrix} \Big> CH - C^6H^5,$$

la benzaldibenzylamine, qui, par hydrogénation, serait scindée en toluène et benzylamine. Mais un peu plus tard [2] ce savant reconnaît que la scission ne s'effectue pas comme il l'avait tout d'abord supposé; on obtient en réalité un mélange de bases contenant surtout de la dibenzylamine ($66^g$ d'hydrobenzamide donnent $30^g$ de dibenzylamine et $6^g$ de benzylamine). La méthode n'est donc plus avantageuse pour préparer la benzylamine. Knudsen [3], par réduction électrolytiquede l'hydrobenzamide, n'a obtenu également qu'une faible proportion de benzylamine.

Récemment, pour mettre en évidence le mécanisme de l'hydrogénation catalytique du benzonitrile [4], j'ai eu l'occasion de fixer l'hydrogène sur l'hydrobenzamide, en présence de nickel comme catalyseur et en milieu liquide. J'ai indiqué que dans de telles conditions on obtenait, par fixation de $4^{at}$ d'hydrogène, 2 à 2,5 parties de benzalbenzylamine pour 1 partie

(1) Otto Fischer, *Ber.*, t. 19, p. 748.
(2) Otto Fischer, *Annalen der Chem.*, t. 241, p. 328.
(3) Knudsen, *Ber.*, t. 42, p. 4002.
(4) G. Mignonac, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 114.

de benzylamine. Ces résultats ne pouvant être mis en accord avec l'existence d'un dérivé tétrahydrogéné stable tel que celui de O. Fischer, j'ai repris l'étude de cette réaction en vue de fixer à quel stade de l'hydrogénation avait lieu la scission de la molécule.

L'hydrobenzamide, en solution dans l'alcool absolu est agitée en présence de nickel divisé, plus ou moins actif, dans une atmosphère d'hydrogène sec, maintenue à une pression voisine de la pression atmosphérique, et à température peu élevée. On n'a pas dépassé 40°. Dans ces conditions, si l'on fixe $4^{at}$ d'hydrogène on obtient, comme je l'ai dit plus haut, un mélange de benzalbenzylamine et de benzylamine, mais on constate en même temps la formation de gaz ammoniac. D'autre part, par évaporation du solvant à basse température, dans le vide, on n'obtient point de substance cristallisée, mais un liquide incolore très fluide.

Il est intéressant de noter dans les différentes expériences les proportions de produits obtenus.

| Expériences | I. | | II. | | III. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Température | 35°-40°. | | 38°-40°. | | 15°-18°. | |
| Hydrobenzamide | 15^g (alcool à 98 %) | | 60^g | | 20^g | |
| Benzalbenzylamine | 11 | Théorie 9,9 | 43 | Théorie 39,2 | 13 | Théorie 13 |
| Benzylamine | 1 | » 5 | 10 | » 21 | 5,5 | » 7 |
| Aldéhydebenzoïque | 3 | | 2 | | | |

On remarque que la benzalbenzylamine est obtenue en quantité supérieure à la quantité théorique et la benzylamine en quantité toujours inférieure. Si la fixation de l'hydrogène avait lieu d'abord sur l'une des deux doubles liaisons de l'hydrobenzamide, un tel composé serait scindé sans le moindre dégagement de gaz ammoniac, en outre on obtiendrait une proportion de benzylamine et de benzalbenzylamine voisine de la proportion théorique.

Si nous admettons au contraire que la première action de l'hydrogène est de scinder la molécule avec formation de benzaldimine

$$\left.\begin{matrix} C^6H^5CH=N \\ C^6H^5CH=N \end{matrix}\right\rangle CH-C^6H^5+H^2 = C^6H^5CH=N-CH^2-C^6H^5+C^6H^5CH=NH,$$

cette dernière se condense en partie avec élimination de gaz ammoniac et formation d'hydrobenzamide (¹), une autre partie est hydrogénée, elle conduit à la benzylamine. Si nous effectuons l'hydrogénation dans de

(¹) Busch, *Ber.*, t. 29, p. 2137.

l'alcool contenant une certaine proportion d'eau, l'imine sera en grande partie hydrolysée et nous obtiendrons une quantité très faible de benzylamine. C'est ce qui a lieu dans l'expérience I. On voit donc comment, par formation d'hydrobenzamide au cours de la réaction, on peut expliquer l'obtention de benzalbenzylamine en quantité supérieure à la quantité théorique. Si nous opérons avec un métal très actif à basse température, en milieu anhydre, le mélange de benzalbenzylamine et de benzylamine se rapproche des proportions théoriques (exp. III), la formation d'ammoniaque est moindre.

Si l'on se borne enfin à fixer deux atomes d'hydrogène on constate également la mise en liberté de gaz ammoniac. Par évaporation du solvant dans le vide à basse température, on obtient un liquide incolore constitué par une solution d'hydrobenzamide dans de la benzalbenzylamine. Il se forme très peu de benzylamine. (L'hydrogénation de la benzaldimine a surtout lieu dans la dernière phase de l'opération, au moment où la concentration en ammoniaque est suffisante pour ralentir la condensation.) Ainsi 15$^g$ d'hydrobenzamide ont donné 7$^g$,1 de benzalbenzylamine et 0$^g$,8 de benzylamine.

Cette dernière expérience montre également que la première action de l'hydrogène est bien de scinder la molécule et nous pensons que le dérivé tétrahydrogéné décrit par O. Fischer ne peut pas exister dans les conditions ordinaires de température. En outre, nous sommes conduits à une excellente méthode de préparation de la benzylamine. En effet, l'hydrogénation catalytique, en présence de nickel, est aisée, même à la température ordinaire. Elle s'arrête d'elle-même après la fixation des 4$^{at}$ d'hydrogène. On obtient un mélange de benzylamine et de benzalbenzylamine. Cette dernière base est très facilement hydrolysée par les acides étendus, elle conduit au sel de benzylamine et l'aldéhyde benzoïque régénéré peut être remis en œuvre pour la préparation de l'hydrobenzamide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation de l'anisaldoxime; Peroxyde d'anisaldoxime.* Note de M. **Paul Robin**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans un travail précédent sur l'oxydation de la benzaldoxime ([1]) et sur le peroxyde de benzaldoxime ([2]), nous avons montré que la benzaldoxime,

([1]) Bougault et Robin, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 341.
([2]) P. Robin, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 695.

traitée par l'iode et le carbonate de soude, donne avec un rendement de 45 pour 100 du peroxyde de benzaldoxime. Reprenant l'étude du peroxyde, nous avons établi que : 1° par oxydation par l'iode et le carbonate de soude, il est converti en dibenzènyloxoazoxime; 2° traité par le benzène à l'ébullition, il est assez rapidement décomposé en donnant, comme produits principaux, de la benzaldoxime et de la dibenzènyloxoazoxime.

Nous avons étudié, au même point de vue, l'anisaldoxime. Les résultats obtenus sont du même ordre.

A. *Oxydation de l'anisaldoxime.* — L'oxydation de l'anisaldoxime a été réalisée simultanément par Minunni et Cima [1] et par Hartwig Franzen et Zimmermann [2] au moyen des éthers nitreux (nitrites d'éthyle et d'amyle). Ils obtiennent ainsi du peroxyde d'anisaldoxime.

Oxydée par l'iode et le carbonate de soude dans les mêmes conditions que la bensaldoxime (*loc. cit.*), l'anisaldoxime donne, avec un rendement de 85 pour 100, du peroxyde d'anisaldoxime.

Ce corps se présente sous forme d'une poudre cristalline blanche, jaunissant à la lumière. Il est extrêmement peu soluble dans les solvants organiques, insoluble dans l'eau. Il fond en se décomposant à 119°-120°.

B. *Oxydation du peroxyde d'anisaldoxime.* — L'oxydation du peroxyde d'anisaldoxime donne : de la dianisènyloxoazoxime (1), de la dianisènylazoxime (2) :

(1) $CH^3O_{(4)}C^6H^4C_{(1)}\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup N \diagdown \\ \diagdown ON \diagup\!\!\diagup \end{matrix} C_{(1)}C^6H^4OCH^3_{(4)}$, (with $=O$ on the lower N)

(2) $CH^3O_{(4)}C^6H^4C_{(1)}\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup N \diagdown \\ \diagdown ON \diagup\!\!\diagup \end{matrix} C_{(1)}C^6H^4OCH^3_{(4)}$,

de l'aldéhyde et du nitrile anisique, de l'acide anisique, de l'acide nitreux.

20g de peroxyde d'anisaldoxime mis en suspension dans du benzène ont été oxydés dans les conditions décrites pour le peroxyde de benzaldoxime (*loc. cit.*). La réaction marche plus lentement que dans ce dernier cas. Au bout d'un mois, on retrouve 12g de peroxyde non attaqué.

Le benzène décanté est évaporé à froid. Le résidu, partiellement cristallisé, est repris avec très peu d'éther qui laisse un produit solide.

L'huile provenant de l'évaporation de l'éther est entraînée à la vapeur. On obtient ainsi un mélange d'aldéhyde et de nitrile anisique que l'on sépare à l'aide du bisulfite de soude.

---

[1] MINUNNI et CIMA, *Att. R. Ac. Lincei*, 5e série, t. 14, II, p. 518-525.

[2] HARTWIG FRANZEN et ZIMMERMANN. *J. pr. Chem.*, 2e série, t. 73, p. 253.

Le produit solide, insoluble dans l'éther, est séparé par des cristallisations appropriées en dianisènyloxoazoxime et en dianisènylazoxime. Pour cela, le mélange est dissout à chaud dans l'acide acétique cristallisable; par refroidissement, la dianisènylazoxime se sépare. On la purifie par cristallisation dans l'alcool (P. F. : 135°). L'acide acétique est alors dilué dans un grand volume d'eau. Il se fait un abondant précipité qu'on essore, sèche à basse température et dont on extrait par cristallisation dans le benzène la dianisènyloxoazoxime (P.F. : 182°).

Dans les eaux mères de l'oxydation on caractérise de l'acide anisique et de l'acide nitreux.

C. *Décomposition du peroxyde d'anisaldoxime dans le benzène bouillant.* — $25^g$ de peroxyde d'anisaldoxime sont mis en suspension dans $250^{cm^3}$ de benzène. On porte à l'ébullition. On constate qu'au bout de quelques heures le peroxyde est entièrement disparu, en même temps qu'on observe un faible dégagement de vapeurs nitreuses. Dans cette opération, le peroxyde n'est pas dissout; il est totalement décomposé. Dans les produits de décomposition nous avons caractérisé : de l'anisaldoxime, de la dianysènyloxoazoxime, de la dianisènylazoxime, de l'aldéhyde, du nitrile et de l'acide anisique.

Pour les séparer nous avons opéré comme suit :

Le benzène est épuisé avec une solution de soude très étendue (lessive de soude $6^{cm^3}$, eau $100^{cm^3}$). Les liqueurs aqueuses sont réunies, saturées par le bicarbonate de soude qui précipite de l'anisaldoxime que l'on caractérise : 1° par ses produits de dédoublement; 2° par sa transformation en peroxyde par l'iode et le carbonate de soude. Après séparation de l'anisaldoxime, on acidule par l'acide chlorhydrique. On recueille un produit que l'on identifie, après purification avec l'acide anisique.

Le benzène lavé à la soude est évaporé à froid. En soumettant le résidu au traitement décrit dans le paragraphe précédent, on isole le nitrile et l'aldéhyde anisique, la dianisènylazoxime et de la dianisènyloxoazoxime.

Le processus de la décomposition du peroxyde d'anisaldoxime peut s'interpréter de la façon suivante : Il y a d'abord décomposition en anisaldoxime et dianisènyloxoazoxime d'après l'équation

$$(1)\quad 2\,(CH^3OC^6H^4CNO)^2 = 2\,CH^3OC^6H^4C\begin{cases}NOH\\H\end{cases} + CH^3OC^6H^4C\begin{array}{c}\diagup\!\!\diagup N \diagdown\\ \diagdown ON \diagup\!\!\diagup\\ \overset{\|}{O}\end{array}CC^6H^4OCH^3.$$

Une partie de l'oxoazoxime réagirait sur l'anisaldoxime pour l'oxyder en donnant de l'aldéhyde anisique et des vapeurs nitreuses, en même temps qu'il se réduit en dianisènylazoxime. Enfin une partie de l'oxoazoxime se dédoublerait, suivant la réaction que nous indiquons plus loin (2), en donnant du nitrile, de l'acide anisique et des produits nitreux.

On peut considérer l'oxydation du peroxyde d'anisaldoxime par l'iode et le carbonate de soude comme un cas particulier de la décomposition que nous venons de décrire. Dans les deux cas, le peroxyde réagirait sur lui-même pour donner l'oxoazoxime en se réduisant en oxime suivant l'équation (1), cette réaction se faisant rapidement à chaud, lentement à froid. En présence d'iode et de carbonate de soude, l'oxime serait convertie en peroxyde, ce qui explique sa disparition des produits de la réaction.

*Dianisènyloxoazoxime* $CH^3O_{(4)}C^6H^4C_{(1)}\left\langle\begin{matrix}NO(=O)\\N\end{matrix}\right\rangle C_{(1)}C^6H^4OCH^3_{(4)}$. — Produit cristallisé en longues aiguilles soyeuses blanches, se colorant rapidement en jaune paille à la lumière. Il fond à 182° en se décomposant.

Il est très soluble dans l'acide acétique cristallisable, peu soluble dans l'éther et le benzène.

En solution acétique, il déplace l'iode de l'iodure de potassium. Réduit par le zinc et l'acide acétique, il se transforme en dianisènylazoxime. Hydrolysé par l'eau et le carbonate de soude à 100°, il donne en quantité théorique du nitrile et de l'acide anisique d'après l'équation

$$(2)\qquad \begin{aligned} &CH^3OC^6H^4C\left\langle\begin{matrix}NO(=O)\\N\end{matrix}\right\rangle CC^6H^4OCH^3 + H^2O\\ &= CH^3OC^6H^4CN + CH^3OC^6H^4CO^2H + NOH.\end{aligned}$$

*Dianisènylazoxime* $CH^3O_{(4)}C^6H^4C_{(1)}\left\langle\begin{matrix}N\\ON\end{matrix}\right\rangle C_{(1)}C^6H^4OCH^3_{(4)}$. — Produit cristallisé en longues aiguilles soyeuses. Il ne se colore pas à la lumière. Fond à 135° et cristallise de suite par refroidissement.

Il est peu soluble dans l'acide acétique cristallisable, assez soluble dans le benzène et dans l'éther.

D. Comme on pouvait s'y attendre, la piperonaldoxime soumise aux mêmes réactifs donne des résultats comparables à ceux que nous avons décrits pour l'anisaldoxime et benzaldoxime.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des dérivés méthylés des xylidines et des naphtylamines, par catalyse.* Note (¹) de MM. **Alphonse Mailhe** et **F. de Godon**, transmise par M. P. Sabatier.

On sait que sur les six xylidines connues, trois sont faciles à atteindre par nitration directe des trois xylènes et réduction du dérivé nitré ainsi obtenu. Nous avons préparé ces trois xylidines pour les soumettre à l'alcoylation directe par le méthanol, en présence d'alumine, selon la méthode qui nous a déjà conduits aux méthylanilines et méthyltoluidines (²).

La nitration de l'orthoxylène fournit un mélange de dérivés mononitrés. Leur réduction par l'hydrogène et le nickel à 180°-190° conduit à un mélange de xylidines, bouillant de 223° à 227°; par refroidissement, il se sépare de gros cristaux, fondant à 49°, constituant l'orthoxylidine α, $C^6H^3(CH^3)^2_{(1.2)}(NH^2)_{(5)}$. Le liquide restant, bouillant de 222° à 224°, est formé par l'*orthoxylidine* β, $C^6H^3(CH^3)^2_{(1.2)}(NH^2)_{(3)}$, tenant encore en dissolution un peu du dérivé α. Nous avons ajouté à cette base liquide deux fois son volume d'alcool méthylique et dirigé les vapeurs du mélange sur de l'alumine chauffée à 360°-380°. Le liquide recueilli s'est immédiatement séparé en deux couches : une aqueuse ayant dissous un peu d'alcool, la seconde, plus légère, formée par un mélange de xylidines monométhylée et diméthylée. Toute la xylidine a été transformée dans un premier passage. Le liquide ne donnait plus de combinaison solide avec l'acide sulfurique dilué.

Des trois métaxylidines connues, on admet que celle qui provient de la réduction du dérivé nitré, obtenu par nitration directe du métaxylène, est la métaxylidine α, $C^6H^3(CH^3)^2_{(1.3)}(NH^2)_{(4)}$. Elle bout à 215°. Nous avons mélangé cette base avec une fois et demie son volume d'alcool méthylique et le tout dirigé en vapeurs sur l'alumine à 360°-380°.

Dans le liquide obtenu, l'huile surnageante a été séparée de l'eau et rectifiée. Elle a distillé de 195° à 207°. Elle était formée d'un mélange de diméthylxylidine méta, bouillant à 195°, et de monométhylxylidine méta, bouillant à 206°. Toute la base primaire a été alcoylée du premier coup.

Le paraxylène donne une seule xylidine, $C^6H^3(CH^3)^2_{(1.4)}(NH^2)_{(2)}$, bouillant entre 215° et 217°. Nous l'avons préparée à partir du paraxylène cris-

(¹) Séance du 29 novembre 1920.

(²) Mailhe et de Godon, *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 467 et 564.

tallisé, par nitration directe et réduction ultérieure du dérivé nitré. La méthylation de cette base, effectuée dans les mêmes conditions que les précédentes, a fourni un mélange de paraxylidines monométhylée et diméthylée, distillant de 208° à 220°. Il n'est resté qu'une très faible proportion de base primitive inchangée, car $SO^4H^2$ dilué ne donnait, avec le produit recueilli, qu'un précipité cristallin insignifiant.

Les deux naphtylamines α et β sont peu solubles dans le méthanol. Tandis qu'il a suffi de prendre quatre fois son poids d'alcool pour dissoudre la base α, il en a fallu plus de dix fois son poids pour obtenir avec la naphtylamine β une dissolution ne recristallisant pas par refroidissement. L'emploi de cet excès d'alcool a nécessairement favorisé la méthylation. Le liquide dirigé en vapeurs sur l'alumine, chauffée à 360°-380°, a fourni après catalyse un produit qui, séparé de l'eau et du méthanol non transformé, a été rectifié. Les bases obtenues avec la naphtylamine α ont passé à la distillation de 275° à 293°; celles qui provenaient de la naphtylamine β ont bouilli entre 295° et 305°. Elles ne donnent aucune trace de sel avec l'acide sulfurique dilué. Elles sont formées par un mélange de naphtylamines monométhylée et diméthylée, $C^{10}H^7NHCH^3$ et $C^{10}H^7N(CH^3)^2$.

Dans toutes ces alcoylations, il se forme toujours un peu d'oxyde de méthyle, provenant de la déshydratation d'une certaine dose de méthanol; il se dégage lentement, d'une manière permanente, pendant toute la durée de la réaction. Si la température du catalyseur est trop élevée, on constate la production de composés condensés qui bouillent au-dessus des bases méthylées.

GÉOLOGIE. — *Sur le mode de formation des nappes pyrénéennes.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. E. Haug.

On sait que les nappes de charriage présentent souvent des replis, ainsi que leur substratum, qui peut d'ailleurs être lui-même formé de nappes inférieures. Il existe des cas où manifestement les nappes et leur substratum ont été plissés simultanément; dans ce cas, il n'est pas douteux qu'il se soit produit une phase de plissement secondaire postérieure au charriage ou, tout au plus, contemporaine de celui-ci. Aussi admet-on souvent que, dans la production d'une chaîne plissée, la formation des charriages est le résultat d'une première phase tectonique, celle des plis qui affectent les nappes et leur substratum correspondant à une seconde phase. Chacune

de ces deux grandes phases générales peut, d'ailleurs, se subdiviser en phases secondaires, et il peut y avoir eu chevauchement dans le temps de l'une sur l'autre.

Toutefois, si cette conception semble exacte pour les nappes formées aux dépens des dépôts homogènes et puissants de l'intérieur des grandes aires géosynclinales, tels ceux du géosynclinal piémontais des Alpes, elle n'est pas valable pour les nappes du bord septentrional des Pyrénées. Ces nappes chevauchent directement sur un avant-pays qui contient des sédiments relativement très récents par rapport à l'âge de la chaîne et même contemporains de ses premiers mouvements orogéniques. Au bord septentrional des Pyrénées, les couches du Crétacé supérieur et du Nummulitique se poursuivent jusqu'aux poudingues de Palassou, résultat de la destruction des reliefs pyrénéens en voie de formation depuis le milieu de l'Éocène, et tous ces terrains se montrent affectés de plis encore fortement accusés, parfois légèrement déversés au Nord (Petites-Pyrénées). Ces plis se sont d'ailleurs modelés sur des accidents plus profonds des terrains anciens situés au nord des Pyrénées, qui n'apparaissent à découvert que dans le massif des Corbières ou de Mouthoumet. Les efforts tectoniques se sont donc graduellement éteints dans l'avant-pays. On peut d'ailleurs remarquer qu'il en a été de même pour la chaîne alpine, où la mollasse miocène helvétique est encore fortement plissée au bord de cette chaîne, bien que formée par les matériaux provenant de la destruction des reliefs alpins en voie de formation; il en est de même pour le front de la chaîne hercynienne, en ce qui concerne le Houiller westphalien du Bassin franco-belge.

Il est facile, pour les Pyrénées, de démontrer que *les charriages qui ont donné naissance aux nappes que j'ai nommées « nord-pyrénéennes » et « prépyrénéenne » correspondent à une phase tectonique tardive de la chaîne, sinon à sa phase finale*.

Non seulement certains témoins de ces nappes sont venus reposer jusque sur les poudingues de Palassou (Trias de Betchat), mais on peut constater que *les plis de la région sous-pyrénéenne existaient déjà lors de la translation de ces nappes, qui les a arasés*.

Ce fait s'observe nettement à l'est de Foix, dans les environs de Lavelanet. Les contours géologiques de la feuille de Foix montrent que la petite ville de Lavelanet est située sur le flanc méridional d'un grand anticlinal, très régulier, à noyau sénonien largement visible; cet anticlinal de Dreuilhe est le plus externe que présente la série sous-pyrénéenne. Au sud de Lavelanet, s'étend un large synclinal de Nummulitique, limité en son bord méridional par un chevauchement sous-pyrénéen qui passe par

Villeneuve-d'Olmes et Benaix; ce chevauchement a ramené les calcaires à Hippurites de ces deux localités classiques sur les formations daniennes et même nummulitiques. Au sud-ouest de Lavelanet, le grand synclinal en question se bifurque par l'apparition d'un large bombement périanticlinal qui s'ouvre vers l'Ouest, en sorte que les couches terminales du Crétacé y apparaissent aux villages de Péreille d'en Haut et de Péreille d'en Bas. Au nord de ce bombement, la branche septentrionale du synclinal nummulitique se poursuit de Lavelanet, par le village de Raissac, jusqu'à la sortie aval de la cluse de Péreille.

La structure de cette cluse de Péreille, quoique simple en apparence, est très complexe en réalité. J'ai montré que les dolomies jurassiques et les calcaires urgo-aptiens qui y viennent former la terminaison du chaînon du Pech de Foix appartiennent, en réalité, à la nappe nord-pyrénéenne inférieure (nappe A). Ils reposent dans une sorte de gouttière synclinale formée de calcaires cénomaniens, qui font partie de la nappe pré-pyrénéenne Z et qui se montrent séparés, par une lame discontinue des calcaires à Hippurites de Benaix, des couches daniennes qui apparaissent dans le bombement sous-pyrénéen dont il vient d'être question. Somme toute, les témoins superposés des nappes A et Z et du chevauchement de Benaix et Villeneuve-d'Olmes reposent, à Péreille, sur le noyau crétacé terminal d'un anticlinal sous-pyrénéen très accusé.

En aval, à la sortie de la cluse de Péreille, on voit les calcaires cénomaniens venir reposer *en discordance angulaire* sur les calcaires à Miliolites, puis sur les marnes nummuliques occupant l'axe du synclinal de Raissac, et ensuite sur une nouvelle série en sens inverse des couches nummulitiques, daniennes et sénoniennes, jusque sur l'axe de l'anticlinal de Dreuilhe. Si le flanc septentrional de celui-ci se montre dépourvu de cette couverture des nappes pyrénéennes, c'est probablement par suite de l'érosion ultérieure.

En tout cas, il est entièrement établi que *les nappes du bord septentrional des Pyrénées peuvent reposer en discordance angulaire sur deux anticlinaux sous-pyrénéens successifs et sur le synclinal intermédiaire, avec arasement des deux anticlinaux en question. Ces plis existaient donc lorsque s'est faite la translation de ces nappes ou bien ils se formèrent pendant cette translation et étaient immédiatement arasés.*

De plus, on peut, en de nombreux points des Pyrénées, constater un phénomène complémentaire du précédent. Si la translation des nappes a arasé le sommet des anticlinaux de leur substratum, inversement la surface de base de ces nappes se montre souvent indépendante aussi de l'allure plus ou moins plissée des couches de la nappe, qui sont fréquemment coupées en biseau très marqué par la surface de charriage. C'est ce qu'on observe, par exemple, dans la « fenêtre » de Tarascon-sur-Ariège, pour la base de la nappe nord-pyrénéenne inférieure (A), dont les calcaires urgo-aptiens et les dolomies jurassiques, bien que reposant sur des schistes albiens peu

résistants, sont coupés en biseau auprès de Bédeillac et à Quié, sur les deux flancs de la grande voûte commune aux diverses nappes à laquelle est due l'existence de cette fenêtre. S'il ne semble guère douteux que cette voûte soit l'effet d'un plissement tardif, postérieur à la mise en place de ces nappes, il paraît bien indiqué aussi que, *lors de la translation de la nappe* A, *celle-ci présentait déjà des plis marqués et que le fond des synclinaux qui l'accidentaient a pu être raboté par friction sur son substratum, de même qu'a pu l'être le sommet des anticlinaux de ce dernier*.

Ces divers faits montrent bien la complexité et la variabilité des processus qui ont pu entrer en jeu dans la formation des grands accidents tectoniques qu'on nomme *charriages*.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de Cabrera, Conejera et autres îles voisines.* Note de M. **F. Gomez-Llucea**, transmise par M. Ch. Depéret.

Il existe dans l'archipel des Baléares, un petit groupe d'îles alignées du Sud-Ouest au Nord-Est, qui paraissent continuer, dans la mer, la Sierra orientale de Majorque, et qui, en raison de leur moindre importance, ont été peu étudiées. La plus grande est Cabrera. Conejera, sa voisine au Nord, est plus réduite. Ces deux îles sont accompagnées de six autres plus petites et de quelques îlots très restreints.

En quelques mots, voici l'historique géologique de ces îles.

La Marmora (1834) pense que Cabrera est tertiaire. En 1867, Bouvy signala le Néocomien; mais c'est par les recherches de Hermite, puis de Nolan, qu'ont été acquises les données les plus précises. Toutefois, Hermite (1879) n'y a pas signalé le Jurassique supérieur et, d'après lui, la plus ancienne formation serait à rapporter au Néocomien; il a reconnu l'existence de l'Éocène moyen représenté par des calcaires à *Nummulites perforata* et, par comparaison avec Majorque, il a établi l'existence du Miocène moyen. Pour Nolan (1897), le Portlandien à faciès tithonique formerait la presque totalité du substratum de l'île de Cabrera; il signale cependant du Valanginien dans la partie méridionale et de l'Hauterivien dans la Cala en Baxa; enfin, il a reconnu le Quaternaire à l'extrémité sud du port et que toutes les assises plongeaient légèrement vers le Sud-Sud-Est. En plusieurs points, les couches inférieures apparaissent, conséquence de plis peu accusés.

Les recherches que nous avons faites dans cette île, à diverses reprises,

dans le but de récolter des fossiles nummulitiques, nous amènent à apporter quelques modifications dans la succession des terrains indiquée par nos prédécesseurs et à signaler des niveaux importants, très fossilifères, dont il n'a pas encore été parlé. De l'étude, faite au laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon, des matériaux que nous avons recueillis, découlent les conclusions suivantes.

Les assises les plus inférieures de l'île de Cabrera n'appartiennent pas au Portlandien. La série secondaire débute par le Lias. Ce terrain, formé de bancs calcaires, très durs, gris rougeâtre, renferme une faune abondante, malheureusement difficile à extraire. Les affleurements restreints de ce niveau se trouvent sur les côtes de la moitié nord de l'île, plus particulièrement au Cap Alt et à Sas Bledas. Ce dernier point est le plus fossilifère, en même temps que le moins malaisé à étudier. Nous y avons trouvé : *Tropidoceras Masseanus* D'Orb., *Tr.* cf. *Faldrini* Dum., *Ægoceras nautiliformis* Buck., *Rhacophyllites* cf. *Mimatensis* D'Orb., *Pleydellia* groupe *aalensis* Zieten, *Belemnites* (*Acrocœlites*) cf. *Munieri* Deslong., *Belemnopsis sub Blainvillei* Deslong., *Pleurotomaria expansa* Sow., *Pl. amalthei* Quenst., *Pl. rotelliformis* Dunker., *Discohelix orbis* Reuss., *Rynchonella flabellum* Menegh., *Eugeniacrinus mayalis* Deslong., *Pentacrinus malleatus* De Loriol, *Millericrinus marginatus* D'Orb., etc. Cette faune indique l'existence, en ce point, du Lias moyen et du Lias supérieur. Aux mêmes endroits et aux environs de la Cova blaba, ces assises supportent des calcaires noduleux qui diffèrent des précédents par leur couleur gris jaune et leur faible épaisseur. Le meilleur gisement se trouve au Cap Alt et aux environs de la Cova blaba, où les calcaires ont au plus 20 mètres d'épaisseur. Sur ce dernier point, ils sont notablement inclinés. Les fossiles sont surtout des moules internes, quelquefois bien conservés. Provenant de Cap Alt, nous avons déterminé : *Cadomites Humphriesi* Sow., *C. plicatissimum* Quenst., *C. Blagdeni* Sow., *C. Braikenridgii* Sow., *Perisphinctes Martiusi* D'Orb., *Oppelia subradiata* Sow., *Garantia baculata* Quenst., *Patoceras Sauceanus* D'Orb., *Hamites bifurcatus* Quenst., *Toxoceras Orbignyi* Bau. et Sau., *Belemnites Beyrichi* Opp., *Belemnopsis* sp. *Glossothyris nucleata* Schlot., *Balanocrinus inornatus* D'Orb., *Posidonia opalina* Quenst., *Posidonia* sp.

A Las Bledas : *Phylloceras heterophylloïdes* Opp., *Cadomites Deslongchampsi* Defr., *Perisph. Martiusi* D'Orb., *Belemnites Beyrichi* Opp., *Belemnopsis* sp. *Triacrinus depressus* Quenst.

A Cova blaba : *Phylloceras heterophylloïdes* Opp., *Ph. tatricum* D'Orb.,

*Cadomites Blagdeni* Sow., *Oppelia* (*Strigoceras*) *Truellei* D'Orb., *Oppelia subradiata* Sow., *Pœcilomorphus infernensis* Roman, *Parkinsonia planulata* Quenst., *Patoceras annulatum* D'Orb., *Glossothyris nucleata* Schlot., *Rhynchonella retifrons* Opp., *Balanocrinus inornatus* D'Orb., *Posidonia opalina* Quenst., *Belemnopsis* sp.

Au-dessus, sur ces mêmes points et dans des calcaires semblables, nous avons trouvé une faune nettement bathonienne avec *Phylloceras mediterraneum* Neum. *Ph. Zignodianum* D'Orb., *Morphoceras polymorphum* D'Orb., *Oppelia fusca* Quenst., *Protetragonites tripartitus* Rasp., *Isocardia minima* Sow.

Le Portlandien du port de Cabrera nous a fourni la faune déjà signalée en partie par Nolan.

Nous avons retrouvé aussi le Néocomien avec *Hamites* sp., *Hoplites* groupe *neocomiensis* D'Orb., *Aptychus Didayi* Coquand, *Ap. Seranonis* Coquand, *Rhynchotheutis* sp., *Belemnites* (*Belemnopsis*) cf. *semicanaliculatus* Blainville, *Belemnopsis* cf. *Conradi* Kilian B. (*Neohibolites*) gr. *Pistilliformis* Blainville, *Duvalia ensifera* Opp., *D. binervia* Raspail.

Nos recherches ont aussi porté sur les petites îles voisines de celle de Cabrera. Dans l'île de Conejera, jusqu'ici considérée comme exclusivement crétacée, nous avons retrouvé un Lias analogue à celui de Cabrera, recouvert par le Jurassique inférieur avec *Belemnopsis* sp. et *Rhopaloteuthis* sp. nov. (déterminations de M. Lissajous). Ce Jurassique est recouvert à son tour par un puissant Néocomien à *Aptychus* et *Duvalia binervia* Raspail. A l'extrémité Sud-Est, on trouve des bancs calcaires à *Nummulites perforata* identiques à ceux de Cabrera.

Les petites îles Plana et Pobre sont presque en totalité formées par des couches liasiques renfermant sur certains points de nombreux Brachiopodes et Crinoïdes. Ces couches se relèvent vers l'Ouest. A l'Est, elles sont recouvertes par des grès quaternaires rougeâtres et blanchâtres qui s'épaississent de plus en plus et finissent par former presque entièrement Foradada qui est la dernière île de cette série, la plus proche de Majorque.

Au point de vue tectonique, nous avons pu observer d'importantes cassures avec des surfaces de glissement accompagnées de mylonites démontrant que ces îles appartiennent à une série de plissements intenses dont l'étude détaillée sera faite ultérieurement.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la succession des faunes de Mammifères dans l'Éocène inférieur européen.* Note de M. **Pierre Teilhard de Chardin**, présentée par M. Émile Haug.

La revision de la collection Victor Lemoine, conservée au Muséum de Paris, des recherches faites dans divers musées, en France et à l'étranger, enfin, des fouilles exécutées à Cernay-lès-Reims, m'ont amené à comprendre comme il suit l'évolution de la faune des Mammifères en Europe, pendant l'Éocène inférieur.

1. Age de la faune dite « cernaysienne ». — La faune cernaysienne (c'est-à-dire l'*unique* faune pré-sparnacienne que nous connaissions en Europe) appartient, non à la base ni au milieu (comme on l'a dit parfois), mais à l'extrême sommet du Paléocène. L'étude des Multituberculés, des Oxyclénidés (*Arctocyonides* Lem.), des Chyromyidés (*Plesiadapis tricuspidens* Gerv.), etc., qu'elle contient, montre que le « conglomérat » de Cernay (et, avec lui, probablement, tout notre Thanétien) correspondent exactement aux « Tiffani beds » du New-Mexico, formation qui s'intercale, en Amérique, entre le Torrejon supérieur et le Wasatch. *Plesiadapis tricuspidens*, notamment, est peut-être spécifiquement identique à *Nothodectes Gidleyi* Matthew, des Tiffani beds. La faune cernaysienne diffère surtout de la faune des Tiffani beds par la présence dominante de Condylarthrés très modernisés, peut-être assez voisins des *Hyrax*, des *Pleuraspidotherium* et *Orthaspidotherium* Lem., qui doivent être rattachés à la famille des Méniscothéridés Cope. Les *Meniscotherium* n'apparaissent, en Amérique, qu'à partir du Wasatch.

2. Caractère tranché de la faune sparnacienne. — Si haut qu'il faille la placer dans le Paléocène, la faune cernaysienne demeure absolument distincte de la faune sparnacienne. Celle-ci, caractérisée par l'association *Coryphodon-Hyracotherium-Paramys* et *Plesiadapis* (du groupe *Daubrei* Lem.) apparaît brusquement, tout entière, dès le conglomérat de Meudon (*Coryphodon, Hyracotherium, Paramys, Plesiadapis*). Elle se retrouve, avec une parfaite uniformité de caractères, dans le Landénien fluviatile de Belgique (*Coryphodon*, *Hyracotherium*, *Paramys*) et dans le London-clay de Sheppey (*Hyracotherium*, *Plesiadapis* = *Platychœrops* Charlesworth). Elle existe, mélangée à d'autres éléments plus jeunes, dans la faune agéienne de Lemoine (*Hyracotherium* = *Lophiodochœrus*, *Paramys* = *Decticadapis*, *Plesiadapis*...). *Phenacodus*, typique, s'y rencontre en France et en Belgique.

Somme toute, la faune sparnacienne surgit aussi brusquement en Europe que la faune du Wasatch en Amérique, et elle est caractérisée, comme cette dernière, par l'arrivée des Périssodactyles et des Rongeurs. Mais tandis que, en Amérique, des Primates indiscutables et les Artiodactyles ont été trouvés dès le début du Wasatch, ces deux groupes ne sont encore signalés, en Europe, que du Cuisien.

3. Existence d'une faune cuisienne distincte de la faune sparnacienne. — Séparée des éléments sparnaciens qui lui étaient indûment associés, la faune agéienne reste composée de Primates (*Protoadapis*), d'Artiodactyles à molaires supérieures très simples (*Protodichobune* Lem., analogue à *Diacodexis* = *Trigonolestes* Cope du Wasatch), de Périssodactyles (*Parapachynolophus* Lem.) franchement distincts d'*Hyracotherium*, de Lophiodontidés. Ces formes, recueillies à un niveau précis (sables à Térédines), représentent la faune cuisienne proprement dite. Celle-ci est donc caractérisée par l'apparition des Primates et des Artiodactyles, et par un degré spécial d'évolution des Périssodactyles.

4. Persistance jusqu'au Ludien, d'une faune a affinités sparnaciennes et américaines. — L'étude des Mammifères, surtout ongulés, prouve qu'une séparation entre l'Europe et l'Amérique s'est effectuée à la fin de l'Éocène inférieur, et qu'elle a duré jusqu'à l'Oligocène. Il est d'autant plus remarquable, dans ces conditions, de rencontrer, dans les Phosphorites du Quercy (surtout à Memerlein, Lot) une faunule à affinités nettement américaines.

Cette faunule, dont il est possible, par comparaison avec des formes provenant de niveaux bien stratifiés (Hordwell, Euzet, Bouxwiller), de fixer l'âge bartonien ou ludien inférieur, comprend (en plus d'un genre sparnacien, *Protoadapis,* déjà signalé par Stehlin) des Créodontes « adaptatifs » (*Miacis*, *Viverravus*), des Chiromyidés (*Necrosorex* Filh., deux espèces) et des Tarsiidés (*Pseudoloris* Stehl.) tout à fait voisins des *Miacis*, *Viverravus*, *Apatemys* et Anaptomorphidés de l'Éocène moyen américain. Une ressemblance aussi étroite entre le Bartonien d'Europe et le Bridger d'Amérique prouve que, longtemps après la séparation des deux continents, une faune résiduelle commune, mêlée aux éléments nouveaux propres à chaque région, a pu se maintenir, et a continué à évoluer parallèlement, des deux côtés de l'Océan.

Les Tarsiidés des Phosphorites, dont j'ai pu me procurer des spécimens inédits faisant connaître la dentition supérieure et les os de la face, ont ceci de remarquable qu'ils ressemblent au Tarsier actuel plus qu'aucune autre forme fossile connue.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la faune des couches inférieures de l'Aalénien du grand-duché de Luxembourg.* Note de MM. **Henry Joly** et **Nicolas Laux**, présentée par M. Émile Haug.

L'Aalénien des environs de Nancy laisse voir, d'après Authelin, une lacune entre la zone à *Dumortieria radiosa* et la zone à *Harpoceras concavum*. Une semblable lacune se constate dans l'Aalénien au nord et à l'est de Montmédy. En Lorraine, par contre, et, par extension, dans les bassins d'Esch et de Longwy, Benecke conclut à l'existence de trois zones caractérisées par : 1° *Dumortieria Levesquei*, 2° *Dumortieria subundulata* et *Harpoceras opalinum* et 3° *Harpoceras Murchisonæ*. La question se posait de la constitution exacte de l'Aalénien dans le Luxembourg, région la plus extrême vers l'Est, où les dépôts correspondants, d'une grande épaisseur, affleurent à flanc de coteau. De longues et minutieuses recherches dans les exploitations de minerai de fer du bassin d'Esch, et la détermination aussi exacte que possible des nombreux échantillons recueillis (Ammonites principalement) nous permettent d'apporter une contribution à la solution de ce problème.

Les localités fossilifères sont : Tétange, Kayl, Dudelange, Esch, Rumelange.

En superposition directe sur les marnes noires semi-schisteuses à *Grammoceras fallaciosum* du Toarcien, le grès connu sous le nom de « grès supraliasique » forme le début de l'Aalénien. Il se caractérise immédiatement, en effet, par l'apparition première de *Dumortieria Levesquei* d'Orb. et *Dum. Brancoi* Ben. accompagnées ou suivies de près par *Harpoceras* (*Pleydellia*) *aalense* Ziet., *Harp. subcomptum* Branco et *Harp. lotharingicum* Branco. Cette faune se continue jusqu'à la hauteur de la couche noire d'Esch, à $18^m$ au-dessus de la base; *Harp. aalense, Harp. subcomptum, Harp. lotharingicum* s'enrichissent surtout en individus; *Dum. Brancoi* va s'éteindre, et *Dum. Levesquei* devient sporadique.

Ces fossiles forment un bel ensemble, c'est la faune de l'horizon à *Dum. Levesquei*, représenté par conséquent dans le Luxembourg par les couches comprises entre les marnes noirâtres à *Gr. fallaciosum* et la couche noire.

Les couches suivantes, et jusqu'au-dessus de la couche brune, appartiennent à l'horizon à *Dum. pseudoradiosa* Branco et *Dum. subundulata* Branco; en effet, au tiers de la couche noire, un nouveau groupe de *Dumortieria* entre en scène spontanément : *Dum. pseudoradiosa* Branco, *Dum. subun-*

*dulata* Branco, *Dum. Bleicheri* Ben., *Dum. Nicklesi* Ben., *Dum. costula* Rein., *Dum. suevica* Haug. A ce groupe viennent s'ajouter *Hudlestonia serrodens* Quenst., *Harp. Hinsbergi* Ben., *Lytoceras Wrighti* Buckm.; toutes ces espèces se rencontrent là pour la première fois. La même faune se retrouve au toit de la couche brune, à Esch, où le genre *Dumortiera* est renforcé par plusieurs espèces : *Dum. Kochi* Ben. (= *Dum. subundulata* var. *striatulo-costata* Haug.), mais *Dum. Levesquei* d'Orb. a disparu.

Au-dessus de la couche brune, les *Dumortiera* disparaissent, hormis *Dum. pseudoradiosa*, dont les retardataires isolés s'en vont même dépasser la couche grise. D'autre part, le groupe réuni autour d'*Harp. aalense* est à l'apogée avec les espèces primitives : *Harp. aalense* Ziet., *Harp. subcomptum* Branco, *Harp. lotharingicum* Branco, ainsi que *Harp. cf. fluitans* Dum. in Branco. C'est à ce niveau qu'on peut placer aussi *Dumortieria mactra* Dum. et *Dum. Moorei* Lyc., espèces dont le rôle est plutôt effacé. Ajoutons qu'à partir de la couche grise, *Harp. aalense*, avec son groupe plus ou moins complet, se retrouve encore en association avec *Harp. opalinum* Rein. même jusqu'à l'extinction de cette dernière espèce.

Ce n'est que dans la couche grise que nous voyons apparaître *Harp. opalinum* et les formes de son groupe. Il persiste jusqu'à la couche rouge principale et fournit de nombreux exemplaires typiques.

Nous n'avons pas rencontré jusqu'à présent *Harpoceras Murchisonæ* Sow. seules quelques formes s'en rapprochant ont été recueillies; quant à l'apparition d'*Harp. concavrum* Sow., elle se fait dans un banc de passage du minerai rouge marno-sableux préparant le passage de la formation ferrugineuse aux marnes grises micacées.

Nous nous bornerons à indiquer ici les remarques saillantes que l'on peut faire sur la zone inférieure de l'Aalénien.

La faune du bassin d'Esch fait ressortir deux groupes de *Dumortieria* se distinguant à raison du moment où ils font leur apparition. Le groupe le plus âgé est composé de *Dum. Levesquei, Dum. striatulo-costata, Dum. Brancoi,* formes auxquelles s'ajoutent, dans d'autres pays : *Dum. sparsicosta* Quenst., *Dum. Munieri* Haug, *Dum. Dumortieri* Thioll. in Dum. Le groupe le plus récent comprend : *Dum. radiosa, Dum. radiosa* var. *Gundershofensis, Dum. pseudoradiosa, Dum. subundulata, Dum. Bleicheri, Dum. Nicklesi, Dum. Leesbergi, Dum. costula, Dum. mactra, Dum. Moorei*. L'invasion des *Dumortieria* s'est donc faite en deux phases distinctes. *Dum. Levesquei* est caractéristique de la première phase, *Dum. pseudoradiosa* et *Dum. subundulata* caractérisent la seconde dans le Luxembourg. C'est ce qui nous porte

à établir deux horizons paléontologiques différents dans la zone inférieure de l'Aalénien, l'un à *Dum. Levesquei*, l'autre à *Dum. pseudoradiosa*.

Le groupe de *Harp. aalense* Ziet. est commun à trois zones, il s'introduit avec les *Dumortieria* du groupe inférieur, reste associé à celles du groupe supérieur et ne disparaît que dans le haut de la zone à *Harp. opalinum*.

Nos observations mises en regard des subdivisions établies par Benecke montrent : 1° que cet auteur fait commencer la zone à *Dum. Levesquei* à la place même où nous avons au contraire observé sa fin; 2° que, par erreur encore, il a placé *Dum. pseudoradiosa* et *Dum. subundulata* beaucoup trop haut dans la couche grise qui renferme déjà *Harp. opalinum*, la zone représentée par cette dernière espèce étant simultanément placée trop bas. Il en est résulté un mélange fictif de deux zones consécutives qui n'ont pour élément commun que les *Pleydellia* du groupe d'*aalensis;* 3° enfin, qu'il place la zone à *Harp. Murchisonæ* en face des couches où nous trouvons déjà et nettement *Horpoceras concavum*. Il nous a donc semblé intéressant de faire connaître nos résultats, qui sont appuyés, pensons-nous, sur des faits bien plus précis que ceux sur lesquels — d'après le texte même — s'est appuyé l'auteur allemand.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la variation du rayonnement nocturne pendant les nuits sereines.* Note de M. **A. Boutaric**, présentée par M. J. Violle.

1. Contrairement à ce que semblaient indiquer quelques observations isolées de Lo Surdo à Naples et d'Exner sur le Sonnblick, j'ai constaté, à Montpellier, en 1913-1914, que l'intensité $r$ du rayonnement nocturne, pendant les nuits sereines, passe généralement par un maximum peu après le coucher du Soleil et décroît ensuite lentement et régulièrement jusqu'au matin [1]. Les valeurs que j'ai obtenues, du 11 août au 24 août 1919, à l'Observatoire du Pic du Midi, suivent la même variation générale ainsi que le montrent les données rassemblées dans le Tableau I, relatives à des nuits pour lesquelles la nébulosité était égale à 0.

---

[1] A. Boutaric, *Thèse*, Paris, 1918, p. 135 et 189.

TABLEAU I.

| 16-17 août. | | 17-18 août. | | 22-23 août. | | 23-24 août. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| h. | r. | h. | r. | h. | r. | h. | r. |
| 18h25m | 0,114 | 18h30m | 0,132 | 18h45m | 0,135 | 18h25m | 0,141 |
| 18.31 | 0,124 | 18.55 | 0,150 | 19.50 | 0,154 | 18.40 | 0,150 |
| 19.12 | 0,150 | 19.40 | 0,168 | 20.55 | 0,139 | 19.45 | 0,166 |
| 20.15 | 0,174 | 10.30 | 0,170 | 0.15 | 0,142 | 21 | 0,154 |
| 21.0 | 0,170 | 21 | 0,168 | 3 | 0,135 | 0.45 | 0,146 |
| 0.15 | 0,170 | 0.15 | 0,174 | 5.3 | 0,128 | 3.15 | 0,142 |
| 3.20 | 0,168 | 3.15 | 0,160 | 5.22 | 0.128 | 4.25 | 0,139 |
| 4.35 | 0,166 | 4.40 | 0,156 | 5.35 | 0,111 | 5 | 0,142 |
| 4.55 | 0,154 | 5.5 | 0,142 | | | 5.30 | 0,137 |
| 5.3 | 0,154 | 5.35 | 0,142 | | | | |
| 5.10 | 0,150 | 5.55 | 0,131 | | | | |
| 5.20 | 0,135 | | | | | | |
| 6.20 | 0,128 | | | | | | |
| 6.30 | 0,123 | | | | | | |
| C.S. 19.0 | | 18.59 | | 18.52 | | 18.51 | |
| L.S. 5.6 | | 5.7 | | 5.14 | | 5.15 | |

*Nota.* — C.S. = coucher du Soleil; L.S. = lever du Soleil.

2. L'allure de cette variation me paraît assez délicate à interpréter, en l'état actuel de nos connaissances sur la physique de l'atmosphère.

*a.* On pourrait songer à l'attribuer aux variations de la température et de la pression de la vapeur d'eau qui se produisent au cours d'une nuit sereine. Le Tableau II donne les moyennes des températures et des pressions de la vapeur d'eau observées au Pic du Midi ([1]) pendant dix nuits claires de juillet et août 1919 (nébulosité moyenne comprise entre 0 et 1) : la température baisse régulièrement dans le cours de la nuit, ce qui tend bien à diminuer le rayonnement nocturne, mais la pression de la vapeur d'eau baisse également, ce qui tend à l'augmenter. Les valeurs du rayonnement $r$ calculées par la formule que j'ai proposée ([2]), $r = \pi\sigma\theta_0^4 F(f_0)$, indiqueraient, contrairement aux observations, une augmentation lente du rayonnement.

---

([1]) Observations communiquées par M. J. Rey.

([2]) A. BOUTARIC, *loc. cit.*, p. 135 et suiv.

TABLEAU II.

| $h$. | $t_0$. | $f_0$. | $r_{calc.}$ |
|---|---|---|---|
| 18h | 8°,3 C. | 4,2 | 0,150 |
| 21 | 6,5 | 2,8 | 0,162 |
| 0 | 4,8 | 2,3 | 0,166 |
| 3 | 4,4 | 2,1 | 0,168 |
| 6 | 5,6 | 2,2 | 0,169 |

*b*. Sans doute doit intervenir un phénomène, signalé par Marc-Auguste Pictet (1778), par Six (1784), par Marcet (1837) et minutieusement étudié par Ch. Martins [1] : l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur, dans les couches inférieures de l'atmosphère, accroissement qui prend naissance au coucher du Soleil et s'établit lentement et progressivement. Cet accroissement nocturne de la température avec la hauteur au-dessus du sol augmente le rayonnement de l'atmosphère et, par suite, diminue le rayonnement effectif des corps exposés à l'air libre. L'importance de plus en plus grande que prend cet accroissement, dans le cours de la nuit, jointe à la diminution progressive de la température au niveau du sol, peut rendre compte de la diminution lente du rayonnement nocturne que révèlent mes observations. Je signale, en passant, l'intérêt qu'il y aurait à étudier l'accroissement nocturne de la température au-dessus du sol dans grand nombre de stations.

Ce phénomène montre que les valeurs du rayonnement nocturne, obtenues à des instants quelconques dans le cours de différentes nuits, ne sont pas absolument comparables. L'expression du rayonnement par une formule ne tenant compte que de la température et de la pression de la vapeur d'eau au voisinage du sol ne peut être rigoureusement exacte. En fait, les observations que j'ai utilisées pour vérifier la théorie que j'ai donnée du rayonnement nocturne ont été généralement faites peu après le coucher du Soleil, c'est-à-dire dans des conditions comparables. Mais, même dans le cas le plus général, la formule que j'ai indiquée conduit à des valeurs approchées. Ainsi, elle permet d'interpréter les nombreuses observations que j'ai faites à Montpellier et au Pic du Midi, celles d'Angström [2] à Bassour (Algérie) et celles de Kimball [3] à Washington.

---

(1) CH. MARTINS, *Mémoires de l'Académie des Sciences et des Lettres de Montpellier* (Section des Sciences), t. 5, 1861-1862, p. 47 et 133.

(2) ANDERS ANGSTRÖM, *Smithsonian Miscellaneous Collections*, t. 65, n° 3, 1915.

(3) H. KIMBALL, *Monthly Weather Review*, t. 66, 1918, p. 57.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De l'action contraire des chlorures et des sulfates solubles sur les matières amylacées.* Note de M. **H. Courtonne**, présentée par M. Lindet.

Béchamp, le premier, nota que le chlorure de zinc transforme l'amidon en *empois*, à froid, et, à l'ébullition, en *amidon soluble*.

Tous les chlorures possèdent, à des degrés différents, la propriété d'abaisser la température à laquelle se forme la masse gélatineuse (*amylopectine*), vulgairement appelée « empois ». Mais l'abaissement est fonction de la solubilité du sel et de la concentration de la solution ; de sorte que le phénomène se produit à froid seulement avec les chlorures très solubles tels que le chlorure de zinc, et employés en solution saturée ou voisine de la saturation.

Ces mêmes chlorures transforment également l'amidon en « amidon soluble » par chauffage à 115° environ.

Si cette conclusion, plus générale, a échappé à Béchamp, ce n'est point certainement qu'il ait borné au chlorure de zinc ses essais à froid ; c'est bien plutôt qu'il n'a pas opéré dans le laboratoire d'un pays chaud où le thermomètre atteint pendant plusieurs mois 25° à 30° C. [1], température plus favorable à la première réaction que celle à laquelle Béchamp opérait. J'estime en conséquence que les expériences dont j'expose les résultats constituent un simple corollaire de ceux de Béchamp.

Laissant de côté les chlorures de potassium, de sodium et d'ammonium, dont l'action est faible et lente à chaud, et nulle à froid, je passerai rapidement sur les résultats donnés par les chlorures calcique et barytique, pour insister sur l'action remarquable du chlorure magnésien.

*Solution de chlorure de calcium.* — Quand on mélange une solution de chlorure de calcium saturée (100 de $CaCl^2$ sec, 150 d'eau) avec des poids croissants de fécule (20 à 70), on obtient à froid une masse d'empois, transparent quand il y a peu de fécule, opaque et plastique quand il y en a davantage. Cette masse se transforme par un chauffage de 7 heures, à 115°-120°, en amidon soluble. Dès que la solution est étendue d'eau, la liquéfaction, sous l'influence de ce chauffage, se ralentit, jusqu'à devenir nulle quand la solution saturée primitive est additionnée de son volume d'eau.

---

[1] Expériences faites à Badolona (Espagne).

*Solution de chlorure de baryum.* — Quoique beaucoup moins soluble que le précédent, ce sel donne rapidement, à froid, un empois très transparent, qui se liquéfie en 1 heure, à 115°-120°, formant un sirop entièrement soluble dans l'eau, mais rétrogradant en une masse opaque au bout de quelques heures. La prolongation du chauffage retarde la rétrogradation.

*Solution de chlorure de magnésium.* — Le délayage de quelques instants à 25° C. de quantités croissantes de fécule avec un même volume de solution saturée de chlorure de magnésium (100 de sel cristallisé, $MgCl^2 + 6H^2O$, 60 d'eau, de 5 à 50 de fécule), donne dans tous les cas un empois dont la consistance augmente avec la proportion de matière amylacée. Si l'on opère à 35°, la prise en masse a lieu avant que le délayage soit total. La consistance n'est pas modifiée par une température de 50°, maintenue quelques heures.

La fécule donne toujours un empois plus transparent et brillant que les divers amidons.

Formés en quelques minutes, à froid, les empois portés à 115°-120° se liquéfient en moins d'une demi-heure.

Conservés pendant un mois, les sirops incolores sont encore entièrement miscibles à l'eau, donnant une liqueur aussi limpide que le premier jour.

Comme dans le cas du chlorure de calcium, l'addition d'eau rend plus lente la transformation en empois et fournit des produits de moins en moins transparents, au fur et à mesure que la quantité d'eau ajoutée à la solution saturée augmente (25 d'amidon de riz, 100 de solution saturée, de 5 à 25 d'eau).

Les amidons de riz, de blé et de maïs réagissent comme la fécule en présence de la solution de chlorure de magnésium saturée, mais la liquéfaction de l'empois est complète au bout de 1 heure ou 2 heures seulement.

En résumé, le chlorure de magnésium, à saturation, transforme d'autant plus rapidement et complètement, à froid, la matière amylacée en empois, que la solution est plus concentrée et en quantité plus grande par rapport à la fécule ou à l'amidon. L'empois chauffé à 115°-120° (température de dissociation du sel) fournit de l'amidon soluble stable.

L'empois solide, obtenu avec une forte proportion de fécule ou d'amidon, peut être conservé longtemps sans changement : le sel a perdu son hygroscopicité, et l'amidon, qu'il enrobe, son altérabilité à l'air humide.

Tandis que les chlorures solubles favorisent plus ou moins la formation de l'empois, il est une catégorie de sels qui offrent une particularité opposée :

celle de la retarder ou même de l'entraver radicalement. Ce sont les sulfates solubles.

Dans cet ordre d'idées, c'est encore le sel magnésien qui possède au plus haut point cette propriété curieuse, qui est, je pense, signalée pour la première fois.

Si, par exemple, on chauffe, en vases clos, à 115°, pendant 1 heure ou plus, un mélange de 65 parties de sulfate de magnésium hydraté ($MgSO^4+7H^2O$), avec 10 parties d'eau et 30 parties de fécule, les globules de matière amylacée ne subissent pas trace de gonflement, ainsi qu'il est aisé d'en avoir la preuve par l'observation microscopique. Il n'y a formation d'empois que sur les parois du vase, au-dessus du niveau du liquide, là où quelques particules d'amidon, restées adhérentes au verre, par suite de l'agitation du mélange, se trouvent soumises à l'action de la vapeur condensée.

Séparée de la solution saline, puis délayée dans l'eau distillée, la fécule donne par le chauffage l'empois ordinaire.

Les résultats sont identiques avec les amidons de riz, de blé et de maïs.

Cette propriété spéciale des sulfates pourra être utilisée dans l'analyse chimique et aussi dans certaines fabrications (1).

PHYSIOLOGIE. — *Le mécanisme de la réaction de Bordet-Wassermann.* Note (2) de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans la Note précédente (3), nous avons établi que la réaction positive de Bordet-Wassermann coïncide, dans le sérum spécifique, avec l'augmentation de la tension superficielle. Cette augmentation est particulièrement nette avec le liquide céphalo-rachidien et atteint 3 dynes par centimètre. Depuis nous avons constaté avec Mme Requin que la marche de la réaction au point de vue physique corrobore ce pouvoir floculant du sérum des syphilitiques.

Ces faits sont en parfait accord avec les résultats des travaux de Vernes (4)

(1) Le sulfate de sodium et le sulfate de magnésium anhydres, mélangés à un empois ou à une solution d'amidon soluble, précipitent l'amidon (Note de M. Lindet).

(2) Séance du 22 novembre 1920.

(3) W. Kopaczewski, *C. R. Soc. Biol.*, t. 82, 1919, p. 1269.

(4) A. Vernes, *Presse médicale*, 19 juin 1919.

et J.-H. Black [1]; Schmidt et Siebers [2] pensaient également que la réaction positive correspond à une labilisation des globulines; Elfer [3] a signalé auparavant l'augmentation de la tension superficielle du sérum spécifique, sans y attacher une grande importance, en raison du petit nombre des mesures effectuées. Il nous semble que le pouvoir floculant qu'on observe dans le sérum ou le liquide céphalo-rachidien des syphilitiques constitue un fait bien établi.

Nous avons voulu examiner si d'autres changements physiques n'avaient pas lieu dans le liquide céphalo-rachidien ou dans le sérum des syphilitiques, et nous avons appliqué notre méthode [4] de transport électrique des globulines *in vitro*, en y apportant une modification, qui nous a été suggérée par M. Lapicque.

On place dans un tube en U, renversé et obstrué par deux petits sacs en collodion, le sérum à étudier, on plonge les sacs dans deux vases communiquants, remplis, non comme précédemment avec de l'eau distillée, mais avec une solution à 8 pour 1000 de NaCl; et l'on établit une différence de potentiel de 0,1 volt par centimètre.

Au bout de 48 heures on remplace la solution saline par l'eau distillée courante : au bout d'une heure environ les globulines se précipitent là, où le transport électrique les a déplacés; cette précipitation est complète au bout de 6 heures. Inutile alors de prolonger le transport dans les mêmes conditions : seule l'augmentation de la différence de potentiel amène une précipitation des portions nouvelles des colloïdes du sérum.

Dans ces conditions d'expérimentation nous avons constaté que les colloïdes les plus labiles du sérum, les globulines qui, normalement, sont électronégatifs et dont une petite portion seulement possède la charge positive, ont leur charge intervertie : ils deviennent électropositifs.

Le phénomène est net. Il s'observe également avec le liquide céphalo-rachidien — une branche de l'appareil devient trouble tandis que l'autre reste absolument transparente.

Nous pouvons donc ajouter aux modifications qui s'accomplissent dans les humeurs syphilitiques une nouvelle : interversion de la charge électrique d'une portion des colloïdes les plus labiles.

---

(1) J.-H. Block, L. Rosenberg et R.-B. Mac Bride, *Jour. of Amer. Med. Ass.*, 1917, n° 22.

(2) Schmidt et Siebers, *Zeit. f. Immunitf*, vol. 19, 1914, p. 211.

(3) A. Elfer, *Folia serologica*, t. 3, 1909, p. 461.

(4) W. Kopaczewski, *C. R. Soc. Biol.*, t. 81, 1919, p. 590.

Cette modification nous a suggéré l'idée de voir quel est le rôle joué par ces colloïdes dans la réaction Bordet-Wassermann.

Après avoir dialysé le sérum humain spécifique pendant trois jours dans notre dialyseur analytique ([1]), en ramenant ainsi sa conductivité de $111,0 \times 10^{-4}$ à $1,19 \times 10^{4}$, nous l'avons débarrassé, par la centrifugation, de son précipité. Le précipité est redissous dans la quantité de la solution NaCl à 8 pour 1000, égale au volume primitif du sérum; le sérum est isotonisé. Avec ces deux liquides on vérifie la réaction de Bordet-Wassermann. Elle devient négative pour le sérum débarrassé de son précipité des colloïdes (le témoin conservé reste positif); elle reste positive pour les globulines redissoutes.

Exactement, le même phénomène s'observe avec le liquide céphalo-rachidien. Il est donc évident que la réaction de Bordet-Wassermann se passe entre les colloïdes labiles du sérum et les suspensions qu'on y ajoute; la modification de la charge la détermine, l'augmentation de la tension superficielle du sérum aide cette floculation.

A la lumière de ces faits, on peut facilement expliquer toutes les surprises de la réaction de Bordet-Wassermann, étant donnée la grande probabilité que d'autres phénomènes morbides peuvent s'accompagner d'une modification de la charge électrique ou de la tension superficielle. Et, parmi d'autres, les cas d'ictère concomitant doivent, en diminuant la tension superficielle par les sels et les pigments biliaires, singulièrement contrebalancer cette réaction de floculation.

D'autre part, ces faits donnent une interprétation des réactions de Lang, de Vernes et ouvrent la voie à des simplifications de la réaction de Bordet : il s'agit en somme de mettre en contact avec le sérum devenu floculant une suspension fine, labile et colorée, pour la précipiter et *ipso facto* décolorer le liquide surnageant.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le choc provoqué par l'introduction de substances insolubles dans la circulation.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

Un certain nombre d'expérimentateurs ont pu provoquer des phénomènes rappelant les accidents du choc anaphylactique en introduisant dans la circulation d'animaux tels que le chien ou le cobaye des substances

([1]) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1853.

thromboplastiques : gélose, céphaline, coagulène, nucléine, amidon ou même de la poudre de lycopode [1].

Nous avons cherché à faire la part, dans les troubles anaphylactoïdes constatés à la suite de ces traitements, des effets dus aux modifications de la tonicité et de la tension superficielle du sang et de ceux qui peuvent résulter de la seule présence dans le torrent circulatoire de particules insolubles.

A cet effet, nous avons préparé un sérum artificiel isotonique et isovisqueux dans lequel nous avons introduit un corps inerte ne pouvant intervenir que par son insolubilité et par conséquent d'une façon purement mécanique.

Nous avons choisi dans ce but le sulfate de baryte à un état de grande division obtenu par précipitation de solutions diluées de $SO^4Na^2$ et de $BaCl^2$ et élimination du chlorure de sodium formé pour avoir en fin de compte des particules possédant des dimensions moyennes de $2^{\mu}$ à $4^{\mu}$ environ.

Ce précipité a été introduit dans un sérum artificiel isotonique et isovisqueux de manière que chaque centimètre cube renferme $0^g,0265$ de $SO^4Ba$.

Cette préparation, injectée dans la carotide d'un chien à la dose de $10^{cm^3}$, provoque les phénomènes du choc anaphylactique : prurit, paraplégie du train postérieur, polypnée, anxiété, dilatation pupillaire, chute de pression et de température, vomissements, congestion intestinale, hémorragie et mort.

Chez le cobaye, $1^{cm^3}$ de cette substance inerte introduite dans le cœur gauche conduit aux mêmes accidents que l'injection déchaînante d'antigène chez les animaux anaphylactisés.

Les effets du traitement s'atténuent exactement de la même manière, qu'il s'agisse du choc anaphylactique vrai ou du choc barytique quand on dilue l'injection déchaînante ou lorsqu'elle est introduite très lentement dans la circulation.

---

(1) Paul Hanslik, Howard Karsner et Joseph Fettermann, *Phénomènes anaphylactoïdes produits par des agents thromboplastiques* (*Journal of Pharmacol. and Exp. Ther.*, t. 14, novembre 1919, p. 229). — P. Hanslik et H. Karsner, *Effects of various colloids and other agents which produce anaphylactoïd phenomena on bronchi of perfused lungs* (*Ibid.*, février 1920, p. 449-461); *A comparison of the prophylactic effects of atropine in anaphylactic shock and anaphylactoïd phenomena from various colloïds and arsphenamine* (*Ibid.*, janvier 1920, p. 425-447); *Hemagglutination in vitro, by agents which produce anaphylactoïd symptomes* (*Ibid.*, février 1920, p. 479).

Lorsqu'un animal a reçu de faibles doses subintrantes de la suspension de sulfate de baryte, il peut ensuite recevoir sans dommage appréciables pendant les 24 heures qui suivent la dose de $1^{cm^3}$ qui tue rapidement les témoins en provoquant ainsi une vaccination analogue à celle observée déjà par Bordet avec les injections de sérum gélosé.

A dose égale, la crise anaphylactique est d'autant plus grave que l'injection a été poussée dans la carotide, dans le cœur gauche ou dans le cœur droit, et il en est de même avec les produits pulvérulents en suspension.

Quand on a préalablement lié les carotides, l'injection intracardiaque ne détermine plus aucun trouble immédiat ou que des troubles sans importance et sans durée, et cela aussi bien dans le cas du choc anaphylactique que du choc barytique.

Après avoir pratiqué une saignée de $10^{cm^3}$ chez le cobaye, on ne peut pas plus provoquer le choc barytique que le choc anaphylactique.

Lorsqu'un animal a résisté aux désordres aigus déterminés par l'émulsion barytique, il peut présenter secondairement des accidents qui sont exactement superposables à ceux de l'anaphylaxie chronique.

L'examen histopathologique de plus de 400 coupes provenant d'animaux morts de choc aigu ou d'accidents tardifs montre que les lésions sont identiquement les mêmes dans l'anaphylaxie vraie que dans le cas de troubles dus à des substances inertes. A la suite de la crise suraiguë mortelle, on observe la même congestion du cerveau et du poumon. Quand les accidents n'ont été que passagers ou ne se sont même pas manifestés, on constate après 24 heures dans les deux cas une congestion intense accompagnée d'hémorragies capillaires dans le cerveau, le poumon, le foie et le rein. Les lésions les plus accentuées sont donc tardives.

Le premier phénomène déterminant le choc semble correspondre à une vasodilatation brusque, puis peu à peu le précipité circulant dans le sang va se fixer dans les capillaires pour y déterminer de petites hémorragies.

Sans rien préjuger des réactions qui créent l'état de sensibilisation des animaux anaphylactisés, réactions qui paraissent bien être d'un ordre chimique, les concordances que nous avons observées dans les deux modes de déchaînement des crises nous semblent fort troublantes et tendraient à faire supposer que les accidents et les lésions de l'anaphylaxie relèvent en dernière analyse de causes physiques plutôt que de phénomènes chimicotoxiques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Dosage des produits de dégradation des matières protéiques dans le sérum sanguin.* Note (¹) de MM. **A. Bach** et **B. Sbarsky**, présentée par M. Ch. Richet.

Dans des travaux antérieurs, l'un de nous (²) a montré que la réduction des nitrates et des matières colorantes par les tissus animaux, est déterminée par l'action combinée d'un ferment et d'un coferment et que celui-ci peut être remplacé par des aldéhydes. Il a également établi que le coferment est constitué par des produits de dégradation des matières protéiques, produits de dégradation qui fournissent des aldéhydes par décomposition et oxydation des acides aminés. Le lait frais contient le ferment sans son coferment, ce qui a permis de l'utiliser pour la recherche des produits de dégradation des protéines. En présence de ceux-ci, le lait frais qui, à lui seul, n'exerce aucune action réductrice, réduit les nitrates en nitrites, qui peuvent être dosés par les méthodes usuelles.

C'est ainsi qu'il a été constaté que l'urine contient toujours des produits de dégradation des protéines, tandis que le sérum de cheval normal n'en renferme point.

En poursuivant ces travaux, nous avons cherché à déterminer si les perturbations physiologiques qu'un animal subit lors de l'immunisation peuvent avoir pour contre-coup l'apparition de produits de dégradation des protéines dans le sérum.

Nous avons pris en observation 7 chevaux en voie d'immunisation dont 3 contre la diphtérie, 2 contre la dysenterie et 2 contre la scarlatine. Dans le sérum convenablement recueilli, les produits de dégradation des protéines ont été dosés comme suit :

Dans un tube à essai, on introduit $1^{cm^3}$ de sérum, $0^g,2$ de nitrate de soude pur et $2^{cm^3}$ de lait frais, on place le tube à l'étuve à la température de 60° pendant 30 minutes, on précipite ensuite par $3^{cm^3}$ d'une solution à 5 pour 100 de sous-acétate de plomb pur, on filtre et, dans $3^{cm^3}$ de filtrat clair et limpide, on dose le nitrite formé d'après la méthode Hosvay-Lunge à l'aide d'un mélange d'acide sulfanilique et d'α-naphtylamine en solution acétique. Essais de contrôle : 1° même essai avec du lait frais préalablement chauffé à l'ébullition; 2° même essai avec du lait frais, mais $1^{cm^3}$ d'eau à la place de

---

(¹) Séance du 15 novembre 1920.

(²) A. Bach, *Arch. d. Sc. phys. et natur. Genève*, t. **32**, mai 1911; t. **37**, mai 1914. — *Bioch. Zeitschr.*, t. **31**, p. 441; t. **33**, p. 282; t. **38**, p. 554; t. **52**, p. 412; t. **58**, p. 205 (1911-1914). — *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 353; t. **164**, 1917, p. 248.

sérum. Si le lait employé est bien frais et provient d'une vache saine, les essais de contrôle n'accusent point de nitrite. Dans le cas contraire, les nombres obtenus dans ceux-ci sont défalqués du résultat de l'essai principal.

Voici les résultats obtenus :

*Nitrite formé par* $1^{cm^3}$ *de sérum.* (Millièmes de milligramme de $N^2O^3$.)

| Date. | Diphtérie | | | Dysenterie | | Scarlatine | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | nº 1. | nº 2. | nº 3. | nº 4. | nº 5. | nº 6. | nº 7. |
| 9 avril (¹)... | » | » | » | 0 | 0 | 0,016 | 0 |
| 10 » ...... | 0,080 | 0,048 | 0,008 | **0,196** | **0,086** | **0,105** | **0,076** |
| 11 » (²)... | 0,076 | 0,048 | 0,008 | 0,032 | 0,068 | 0,061 | 0,078 |
| 12 » ...... | **0,117** | **0,072** | **0,052** | » | » | 0,022 | 0,080 |
| 13 » ...... | 0,112 | 0,070 | 0,040 | 0 | » | 0,004 | 0,004 |
| 16 » (³)... | 0 | 0 | » | » | » | » | » |
| 22 » ...... | 0 | 0 | 0,009 | » | » | 0 | 0,003 |
| 27 » ...... | 0 | 0 | 0,002 | » | » | » | 0 |

*Remarques.* — (¹) Injection de toxines aux nºˢ 4, 5, 6 et 7. — (²) Injection de toxines aux nºˢ 1, 2 et 3. — (³) Les nºˢ 4 et 5 ont été saignés à blanc.

Il résulte de ce Tableau qu'à la suite d'injections de toxines des produits de dégradation des protéines font apparition dans le sérum des chevaux immunisés pour disparaître, suivant le cas, plus ou moins rapidement. Ces produits de dégradation provenaient-ils des protéines du corps ou des toxines injectées? L'étude quantitative de celles-ci a révélé que, dans le sérum, nous ne retrouvions qu'une partie plus ou moins réduite des produits de dégradation injectés à l'animal avec la toxine. Ainsi, par exemple, le cheval nº 4 a reçu, le 11 avril, une injection de $110^g$ de toxine diphtérique.

En évaluant à $25^l$ le volume du sang du cheval, $1^{cm^3}$ de sérum devrait contenir $0^g,0044$ de toxine primitive. Étendue d'eau dans la même proportion, la toxine a fourni, avec $2^{cm^3}$ de lait frais et $0^g,2$ de nitrate de soude, $0^{mg},000240$ $N^2O^3$ par centimètre cube. Le lendemain de l'injection, nous avons retrouvé, dans le sérum de ce cheval, une quantité de produits de dégradation correspondant à $0^{mg},000196$ $N^2O^3$ par centimètre cube. Le surlendemain, cette quantité est tombée à $0^{mg},000032$ $N^2O^3$.

D'autre part, comme la toxine avait été préparée sur solution à 1 pour 100 de peptone, les nombres cités nous permettent de nous rendre compte du degré de sensibilité de la méthode. $0^g,0044$ de peptone (plus ou moins modifiée par les bactéries) correspondent à $0^{mg},000240$ $N^2O^3$. Or nous

pouvons doser, comme le montre le Tableau ci-dessus, des quantités de nitrite et, par conséquent, des produits de dégradation, 100 fois plus petites.

En résumé, nous avons acquis la certitude que le ferment réducteur du lait peut être utilisé pour la recherche et le dosage de quantités minimes de produits de dégradation des protéines. A l'aide de notre méthode, nous nous proposons d'instituer des recherches en vue d'élucider la question de l'existence de ferments de défense *spécifiques* tels que les conçoit M. Abderhalden.

HYGIÈNE. — *Sur l'assainissement de l'air souillé par certains gaz toxiques.* Note de MM. **Desgrez**, **Guillemard** et **Savès**, présentée par M. Moureu.

Nos recherches sur la neutralisation des gaz de combat nous ont conduits à des résultats qui intéressent l'hygiène industrielle. Si une fuite se produit dans une usine, ou si un appareil se brise, il importe d'assainir, sans délai, l'atmosphère des ateliers. La méthode la plus pratique consiste à pulvériser des solutions capables de neutraliser les gaz toxiques, en donnant au liquide le maximum de surface de contact avec le gaz et en assurant à cette surface le plus grand pouvoir de neutralisation. La première condition est réalisée en pulvérisant le liquide aussi finement que possible, la seconde en augmentant la concentration de la solution neutralisante. Toutefois, en pratique, la finesse de pulvérisation ne peut être poussée à l'extrême qu'avec le concours de pressions considérables et d'embouts pulvérisateurs d'ouvertures très fines, c'est-à-dire faciles à obturer. D'autre part, si les solutions approchent de la saturation, elles ont une tendance à cristalliser par l'abaissement de la température ou l'évaporation. Nous avons donc dû faire une étude systématique de ces deux éléments du problème : finesse de pulvérisation et composition des solutions.

Nos expériences ont été effectuées dans une chambre étanche, de $20^{m^3}$, dont l'une des parois était vitrée et percée des ouvertures nécessaires pour l'introduction et les prises de gaz, ainsi que pour le passage de la lance de l'appareil pulvérisateur. Le brassage de la masse gazeuse était assuré par un ventilateur à ailettes disposé horizontalement, à $25^{cm}$ du sol, le moteur étant placé à l'extérieur et relié par un flexible. Le chlore, sur lequel ont porté nos premières expériences, était mesuré avec une jauge à eau et titré dans des volumes d'air égaux, prélevés près du sol et près du plafond. La qualité du brassage était telle que les teneurs de l'air, en gaz toxique, à ces deux

endroits, ne différaient que de 2 à 3 pour 100. Nous avons employé le pulvérisateur Vermorel (Éclair n° 1) et effectué l'étude relative à la finesse de la pulvérisation en adaptant, sur la lance, des embouts de différents calibres. En tenant compte, d'une part, des dosages de chlore effectués avant et après chaque pulvérisation, d'autre part, de ce fait qu'une trop grande finesse des ouvertures des embouts ralentit l'opération par de fréquentes obstructions, nous avons adopté l'embout Vermorel 4 *pas*, pour la pulvérisation des solutions légèrement troubles, et l'embout à bouton de $2^{mm}$, pour obtenir une pulvérisation très fine avec les solutions limpides.

Ce premier point fixé, nos essais ont d'abord porté sur des atmosphères d'une teneur en chlore voisine de 1 pour 2000. Ils ont été effectués comparativement avec le bisulfite, le sulfite neutre et l'hyposulfite de soude, soit seuls, soit associés à des doses variables de carbonate de soude Solvay, de sel marin ou d'alcool, ces deux dernières substances ayant pour but d'abaisser le point de cristallisation des solutions jusqu'à —6°. Le Tableau de tous nos résultats conduit à adopter la formule suivante :

| | |
|---|---|
| Hyposulfite de soude | $220^{g}$ |
| Carbonate Solvay | 175 |
| ou carbonate cristallisé | 475 |
| Eau | 1000 |

Cette solution donne, sous le moindre volume, la neutralisation la plus rapide. Elle cristallise à 6°, mais il est facile, dans une usine, de la maintenir à une température supérieure. A défaut d'hyposulfite, on emploierait la solution suivante qui ne cristallise qu'à — 6°, mais dont l'action est un peu plus lente : sulfite neutre $166^{g}$, carbonate Solvay $68^{g}$, chlorure de sodiem $87^{g}$, eau $1000^{g}$.

Dans une deuxième série d'essais, nous avons envisagé la neutralisation d'un mélange de chlore et d'oxychlorure de carbone. Les solutions précédentes se montrent inefficaces. Au contraire, une solution de sel Solvay seul, à 12 pour 100, neutralise complètement les deux gaz. Il faut admettre que le chlore donne d'abord, avec le carbonate alcalin, un hypochlorite qui neutralise l'oxychlorure, alors que si le réactif renferme de l'hyposulfite, le chlore, d'abord neutralisé par ce dernier, ne peut pas donner l'hypochlorite nécessaire. Cette explication montre aussi que le carbonate seul doit être sans action sur l'oxychlorure. C'est, en effet, ce que l'on observe. L'association de carbonate et d'hypochlorite de soude permet une neutralisation rapide. Comme on pouvait s'y attendre, la substitution de l'hypobromite à l'hypochlorite donne encore un meilleur résultat (brome $40^{cm^3}$,

lessive de soude $400^{cm^3}$, carbonate Solvay $750^g$, eau quantité suffisante pour $12^l$). Cette solution est également active contre les formiates de méthyle chloré et surchloré, l'acroléine et la bromacétone.

Les réactifs précédents se montrent inefficaces contre la chloropicrine. L'étude des réactions de cette substance nous a conduits à préconiser, pour sa neutralisation, une solution à base de polysulfure de sodium; lorsqu'on agite un peu de chloropicrine avec une solution de foie de soufre sodique, on observe une réaction exothermique caractérisée par la précipitation d'une substance jaune et la disparition de l'odeur agressive de la chloropicrine. Nous adoptons la formule suivante : foie de soufre sodique $240^g$, lessive des savonniers $140^{cm^3}$, eau quantité suffisante pour $1^l$. Ce liquide constitue une solution mère que l'on étend de $10^l$ d'eau au moment de l'emploi. Elle se conserve indéfiniment dans des flacons pleins et hermétiques. L'élément actif est le polysulfure. Quant à la soude, elle s'oppose à la formation d'hydrogène sulfuré au cours de la réaction. Il est remarquable que cette solution polysulfurée permet également la neutralisation du chlore, de l'oxychlorure de carbone, des chloroformiates de méthyle chloré et surchloré, de l'acroléine, de la bromacétone, du chlorure de cyanogène, enfin des iodure, bromure et chlorure de benzyle. Ces trois dernières substances avaient résisté jusque-là à toutes nos tentatives.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Méthode générale pour la recherche et le dosage de l'arsenic.* Note de M. **Kohn-Abrest**, présentée par M. d'Arsonval.

La destruction de la matière organique effectuée par simple calcination en présence de magnésie (procédé Geneuil) [1], ou de magnésie et d'un excès d'acide nitrique (procédé Monthulé) [2], donne des résultats très satisfaisants, et simplifie beaucoup la recherche toxicologique de l'arsenic.

J'ai pu éviter l'emploi de fortes quantités de magnésie que ces procédés mettent en œuvre, par calcination de la matière organique en présence d'un mélange déterminé de magnésie et de nitrate de magnésie. Dans ce mélange, la magnésie (calcinée légère ou lourde) empêche toute acidité,

(1) Geneuil, *Application de la magnésie calcinée légère à l'incinération des matières organiques* (*Thèse de Pharmacie*, Bordeaux, 1903).

(2) Monthulé, *Revue de Chimie analytique*, 1903.

au cours de la combustion. Le nitrate de magnésie, lui, assure l'oxydation rapide et complète de l'arsenic, en même temps qu'il fournit un support magnésien poreux intimement mélangé à la matière organique.

Ce mode de calcination peut servir non seulement à la recherche et au dosage de l'arsenic en toxicologie; mais encore, dans certaines conditions, à l'analyse quantitative des dérivés arsenicaux eux-mêmes.

1° Pour rechercher et doser l'arsenic dans une substance quelconque telle que : *viscères*, *organes*, *liquides physiologiques*, *aliments*, etc., le mode opératoire est le suivant :

100$^{g}$ de la substance dans son état habituel sont, s'il y a lieu, broyés au hachoir, puis introduits dans une capsule en porcelaine à fond plat. On ajoute 35$^{cm^3}$ d'une solution de nitrate de magnésie [1] (à 20$^{vol}$ pour 100) et 1$^{g}$ de magnésie calcinée.

Après délayage du contenu (alcalin), la capsule est placée dans une étuve métallique à bain de sable, portée à environ 250°, jusqu'à dessiccation et torréfaction, pour lesquelles il faut en moyenne 3 heures. Le résidu, d'aspect charbonneux, est broyé au mortier, remis dans la capsule et introduit ainsi dans une moufle dont la sole est portée au rouge naissant ou sombre (500°). La calcination dure 2 heures; au bout de ce temps, les cendres sont à peu près exemptes de charbon. On les délaye dans 30$^{cm^3}$ d'une solution d'acide sulfurique à 10$^{vol}$ pour 100, qui les dissout en général à peu près intégralement, et l'on introduit le liquide dilué lui-même à 60$^{cm^3}$, dans un appareil de Marsh [2].

J'ai retrouvé ainsi l'arsenic, dans les viscères n'en contenant que 0,00003 pour 100 ($\frac{1}{30}$ de milligramme pour 100$^{g}$); quel que soit le produit arsénical ajouté : acide arsénieux, arsénobenzols, etc. Lorsque les proportions d'arsenic existant dans les organes à examiner sont comprises entre 0,040 et 0,00002 pour 100, on retrouve par ce procédé $\frac{7}{10}$ à $\frac{8}{10}$ de l'arsenic primitif [3].

2° *Détermination de la teneur en arsenic des dérivés arsénicaux organiques.* — La prise d'essai du produit, 0$^{g}$,15 à 0$^{g}$,20, est mélangée, dans un creuset de porcelaine de 40$^{cm^3}$; à peu près à 2$^{dg}$ de magnésie calcinée, on ajoute, en délayant, 6$^{cm^3}$ de la solution de nitrate de magnésie (à 20 pour 100). Le creuset ouvert est placé à l'étuve vers + 110°, jusqu'à dessiccation, en général assurée au bout de 1 heure. On le recouvre alors d'un couvercle plat à rebords et assez large pour déborder d'environ 5$^{mm}$ l'orifice, et on l'introduit, *ainsi fermé*, dans la moufle portée au rouge franc. Il suffit de l'y laisser quelques minutes pour que la matière organique soit brûlée, le nitrate de

---

(1) Solution aqueuse contenant par litre: 200$^{g}$ de sel cristallisé Mg $(AzO^3, 6H^2O)$, 1$^{cm^3}$ de cette solution correspond à 0$^{g}$,0314 de magnésie (MgO),

(2) Ces divers détails sont en certains points ceux donnés par Armand Gautier et Claussmann (*Comptes rendus*, 1917), qui emploient la chaux au lieu de magnésie.

(3) J'ai comparé ces résultats à ceux obtenus par les autres méthodes; celle d'Ogier est la meilleure, surtout lorsqu'il s'agit de substances très chargées en chlorures.

magnésie décomposé, et pour que l'arsenic soit amené à l'état de pyroarséniate de magnésie.

Le dosage de l'arsenic dans les cendres ainsi obtenues s'effectue en réduisant d'abord l'arséniate en arsénite, par l'iodure de potassium en milieu chlorhydrique. Après élimination au moyen d'hyposulfite, de l'iode mis ainsi en liberté, on titre l'arsenic totalement amené sous forme *d'arsénite*. Pour les détails du dosage, j'ai suivi les indications de Fleury (¹).

Les cendres magnésiennes sont dissoutes dans $30^{cm^3}$ d'une liqueur chlorhydrique à $150^{cm^3}$ d'acide (de densité 1170) par litre. La solution est portée au bain-marie pendant 5 minutes; on ajoute $7^g,5$ d'iodure de potassium, et on laisse encore 5 minutes à la température voisine de l'ébullition. Après refroidissement à l'aide d'un courant d'eau, on dose, à titre d'indication, par l'hyposulfite, l'iode, mis en liberté. On alcalinise ensuite avec du bicarbonate de soude, et l'on titre à son tour par l'iode le composé arsénieux. $1^{cm^3}$ d'iode $\frac{N}{10}$ correspond à $0^g,00375$ d'arsenic. C'est ce dernier titrage qui seul comptera.

En général, j'ai trouvé que les deux titrages donnent à peu près les mêmes résultats. Il s'ensuit que la totalité de l'arsenic se trouve bien dans les cendres sous forme *d'arséniate*. Dans un seul cas où la combustion présenterait des difficultés, il y avait une proportion assez appréciable d'arsénite (²).

Voici quelques résultats intéressants :

| Produit analysé. | Arsenic pour 100. Trouvé. | Théorique. |
|---|---|---|
| Acide arsénieux ($0^g,05$) | 75,70 | 75,75 |
| Mélange d'acide arsénieux ($0^g,05$) et de farine ($0^g,20$) | 15,24 | 15,11 |
| Cacodylate de soude cristallisé du commerce $(CH^3)^2AsO^2Na4H^2O$ (?) | 31,25 | 32,30 (?) |
| Méthylarsinate de soude disodique (arrhénal) $CH^3AsO^3Na^26H^2O$ | 25,75 | 25,70 |
| Anilarsinate de soude (atoxyl) $C^6H^4(AzH^2)AsO^3HNa4H^2O$ | 24,50 | 24,40 |
| Acide benzène sulfone paraminophénylarsinique (³) | 21,10 | 21,00 |

(¹) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 6 mai 1920.

(²) Il s'agissait de l'acide benzène sulfone paraminophénylarsinique, dont le sel sodique constitue « l'hectine ».

(³) Dont le sel sodique est « l'hectine ».

| Produit analysé. | Arsenic pour 100. Trouvé. | Théorique. |
|---|---|---|
| « 606 » marque X | 29,25 | » |
| « 914 » marque X | 18,90 | » |
| | 19,50 | » |
| | 19,75 | » |
| | 19,90 | » |
| « 914 » marque Y | 21,25 | » |

On sait que la teneur en arsenic de ces derniers produits s'écarte notablement de la proportion théorique, qui est de 31 pour 100 pour le dioxydiaminoarsenobenzol-méthylène-sulfoxylate de soude (914) novarsenobenzol, etc.).

Je pense que cette méthode de recherche et de dosage de l'arsenic constitue également une simplification des procédés de la Chimie toxicologique. Elle présente surtout de l'intérêt lorsqu'il s'agit d'étudier, comme nous l'avons fait avec M. Sicard, l'élimination et la fixation des dérivés organiques de l'arsenic, dont il est fait actuellement un si grand usage en médecine.

A 17 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures et demie.

E. P.

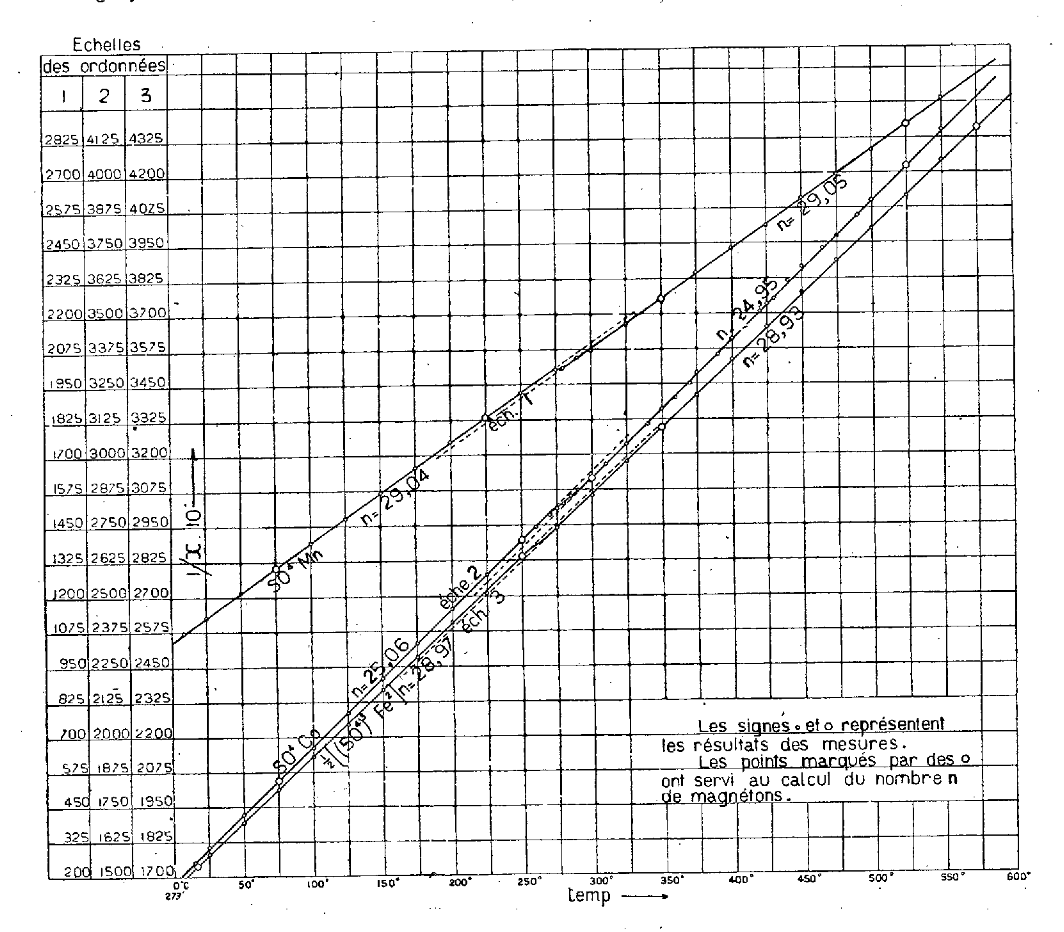
## ERRATA.

—

(Séance du 18 octobre 1920.)

Note de M. *Ph. Theodoridès*, Sur la variation thermique du coefficient d'aimantation des sulfates anhydres et la théorie du magnéton :

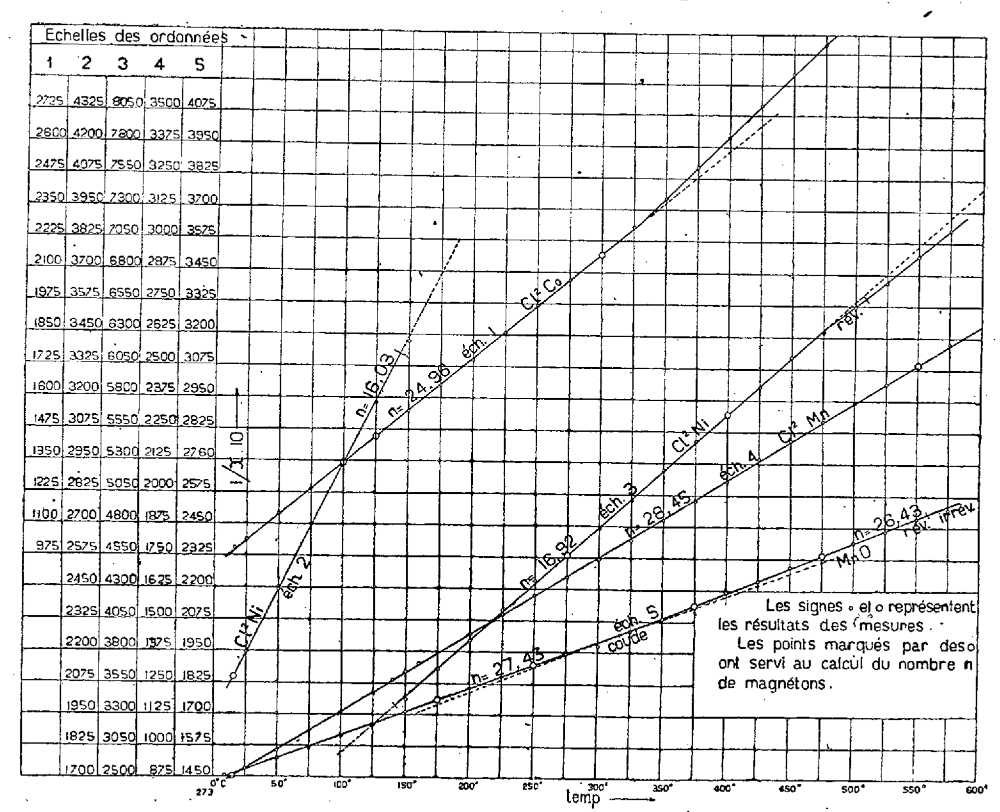
Page 716, intercaler entre le Tableau et la ligne 15 la figure suivante :



(Séance du 15 novembre 1920.)

Note de M. *Ph. Théodoridès*, Sur la variation thermique du coefficient d'aimantation de quelques chlorures et d'un oxyde anhydres à l'état solide, et la théorie du magnéton :

Page 949, intercaler entre la ligne 25 et la ligne 26 la figure suivante :



# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 13 DÉCEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **Jagadis Chunder Bose**, membre de la *Royal Society*, qui assiste à la séance.

En présentant à l'Académie des Sciences le dernier volume, qui paraît en ce moment, de son *Cours de Physique mathématique*, M. **J. Boussinesq** s'exprime en ces termes :

« J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, en mon nom et au nom de l'Éditeur (Maison Gauthier-Villars), le Tome III du *Cours de Physique mathématique de la Faculté des Sciences*.

» I. Depuis la publication des deux premiers volumes de ce Cours, dix-sept ans se sont écoulés, durant lesquels plusieurs Compléments aux théories que j'y ai exposées, ou d'intéressantes applications de ces théories, ont fait l'objet d'études étendues soit de ma part, soit aussi de la part de quelques élèves du Cours. Je citerai, par exemple, dans la théorie de la chaleur : 1° à propos du théorème capital de Fourier sur la régularisation des températures d'un corps, à la suite d'un échauffement irrégulier quelconque, une démonstration plus complète que celle du Tome I (p. 255) et basée sur la réduction du problème à la question du *nivellement* des températures dans un corps *athermane* de même forme que le proposé, mais ayant sa surface *imperméable* à la chaleur ; 2° le problème du refroidissement de la croûte terrestre, envisagé à la manière de Fourier, mais en tenant compte des progrès incessants de la solidification sous la croûte et de la chaleur latente qui s'en dégage ; 3° les vibrations longitudinales *spontanées* d'une

barre en train de se refroidir; 4° le pouvoir refroidissant d'un courant fluide sur les solides immergés de forme quelconque, et non plus seulement, comme dans le Tome II (p. 192), sur un plateau mince ayant ses faces tangentes à la direction générale du courant.

« Dans la théorie de la lumière, je citerai seulement, ici : 1° l'absorption des radiations par des cristaux translucides quelconques, même dépourvus de tout plan de symétrie; 2° le calcul sommaire de la progression *curviligne* des rayons, avec extinction rapide, à l'entrée des corps opaques homogènes, mais *anisotropes*, et non plus isotropes comme vers la fin du Tome II (p. 583).

» Parmi d'autres Parties du Cours, je me contente de signaler, à cette place, la découverte de forces de viscosité spéciales, dans la tension superficielle des liquides se déformant assez vite, et l'influence, parfois prépondérante, de ces forces, sur la vitesse verticale *de régime* que prend une goutte liquide, au sein d'un autre fluide dont le poids spécifique diffère du sien.

» Telles sont les questions qui font, avec quelques autres traitées plus sommairement, quoique non moins intéressantes, l'objet des trois premières Parties (sur six) du présent volume.

» II. Les trois dernières, véritable couronnement du Cours tout entier, sont consacrées à la *Philosophie naturelle* et peuvent être regardées comme le fruit de cinquante ans de méditations de l'auteur sur les principes de la Mécanique physique ou réelle, ces principes qui ont rendu possible, depuis (maintenant) près de trois siècles, l'application de l'Analyse infinitésimale à la représentation et au calcul des phénomènes du monde extérieur ou Univers visible. Ils font directement l'objet de la quatrième Partie, intitulée: *Réflexions et recherches sur les bases et la philosophie de la Mécanique*. Le titre de la cinquième est : « *Sur le problème mécanique de l'organisme animé et des pouvoirs directeurs* (*vie et volonté*) ; celui de la sixième : « *Sur la loi de simplicité, comme indispensable principe directeur de l'esprit dans l'édification des Sciences* ».

» Un coup d'œil jeté sur la table des matières suffit pour montrer le puissant intérêt de ces trois Parties, et leurs résultats possibles tant pour l'éducation de l'esprit, que pour l'acquisition de l'état habituel de paix intellectuelle convenant, vers le soir de leur vie, aux hommes d'étude dont la vocation a été, dès leur première jeunesse, le Culte du Vrai.

» Je me contenterai ici d'ajouter quelques mots au sujet de la cinquième Partie, parce qu'il se trouve abordé pour la première fois (à ma connais-

sance) dans un Cours de sciences, surtout ayant un caractère mathématique. On voit qu'il s'y agit de principes d'action dont le rôle est de déterminer ou de *décrocher* (pour ainsi dire) des séries de phénomènes non inclus dans l'effet des forces mécaniques y figurant, ou dans les équations différentielles, cependant obéies, du mouvement des systèmes matériels en présence : rôle dès lors *initiateur* et capital, seul propre à introduire *naturellement* des éléments *nouveaux*, du *contingent*, dans la trame des faits perceptibles à nos sens. »

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Les nouvelles unités légales de mesures industrielles (système M. T. S., unités géométriques, mécaniques, électriques, calorifiques et optiques).*

M. E. **Goursat** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de ses *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux qui comprennent une famille de géodésiques et tels que leur polaire réciproque par rapport à un complexe linéaire soit un réseau* O. Note de M. C. **Guichard**.

Je vais d'abord indiquer les notations que j'emploie pour désigner certains éléments géométriques du plan.

Un réseau plan est 2O quand il est la projection d'un réseau O de l'espace; il est $p$O s'il est la projection d'un réseau $(p-1)$O.

Une congruence plane est H si elle est la projection d'une congruence O de l'espace; elle est $p$H si elle est la projection d'une congruence $p$O.

Soient $\Delta$ une congruence de l'espace; $X_1$, $X_2$, $X_3$ les paramètres directeurs de la droite $\Delta$, et

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 X}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v}\frac{\partial X}{\partial u} + \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}\frac{\partial X}{\partial v} + RX$$

l'équation de Laplace qui admet pour solutions $X_1$, $X_2$, $X_3$; la projection de $\Delta$ sur le troisième plan de coordonnées sera une congruence (C) si l'on a

$$X_1^2 + X_2^2 = h^2 U^2 + l^2 V^2.$$

La congruence projection sera $p$C si l'on a

$$X_1^2 + X_2^2 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \ldots + \theta_{p-1}^2 = h^2 U^2 + l^2 V^2,$$

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_{p-1}$ étant des solutions de (1).

La loi d'*orthogonalité des éléments* est applicable aux éléments plans. Elle fait correspondre *à un réseau* $p$O *un réseau* $p$O et *à une congruence* $p$H *une congruence* $p$C.

Cela posé, je prends pour 3[e] axe de coordonnées l'axe du complexe; je désigne par (A) le premier réseau et je suppose que les géodésiques forment la première famille de courbes de ce réseau; par (B) le second réseau. Je projette sur un plan perpendiculaire à l'axe du complexe. Le réseau (A) se projette suivant un réseau ($a$) dont la première congruence focale est H; le réseau (B) suivant un réseau ($b$) qui est 2O.

D'après les résultats établis dans ma Note du 10 mai, les réseaux ($a$) et ($b$) sont superposables à des réseaux qui se correspondent orthogonalement. Donc, *le réseau* ($a$) *est un réseau* 2O *dont la première congruence focale est* H, *le réseau* ($b$) *est un réseau* 2O *dont la seconde congruence focale est* C.

On voit que *la projection du réseau* (A) *est la même que celle d'un réseau de lignes de courbure.*

Réciproquement, *s'il en est ainsi, il y a parmi les réseaux parallèles à* (A) *des réseaux dont la polaire réciproque est un réseau* O. Cela résulte des propriétés établies dans ma Note du 10 mai.

Il reste à montrer comment on peut obtenir les réseaux ($a$) et ($b$). Voici le résultat auquel je suis arrivé.

On prend deux réseaux O associés ($m$) et (M), la fonction d'association U étant réduite à une constante $\omega$ (¹). Le réseau ($m$) est un réseau plan, le réseau (M) un réseau de l'espace; je désignerai par $mr$, MR les premières tangentes à ces réseaux; par $ms$ et MS les secondes tangentes.

Soient alors $\varphi$ l'angle que fait $mr$ avec le premier axe de coordonnées et

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal qui correspond au réseau (M). Les rotations de

(¹) Voir mon Mémoire, *Ann. École Norm.*, 1903.

ce déterminant seront

$$A = a\omega, \qquad M = -\frac{\omega}{V}\frac{\partial\varphi}{\partial u},$$

$$B = bV, \qquad N = \frac{V}{\omega}\frac{\partial\varphi}{\partial u}$$

avec les relations

$$(2) \qquad \frac{\partial a}{\partial v} = -b\frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad \frac{\partial b}{\partial u} = a\frac{\partial\varphi}{\partial v},$$

$$(3) \qquad ab + \left(\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{V^2}\right)\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} + \frac{V'}{V^3}\frac{\partial\varphi}{\partial u} = 0.$$

En multipliant l'équation (3) par $\frac{\partial\varphi}{\partial u}$ et en tenant compte des équations (2) on obtient

$$\frac{\partial}{\partial v}\left[-a^2 + \left(\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{V^2}\right)\left(\frac{\partial\varphi}{\partial u}\right)^2\right] = 0,$$

d'où l'on déduit

$$(4) \qquad a^2 = \left(\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{V^2}\right)\left(\frac{\partial\varphi}{\partial u}\right)^2 + U^2.$$

On peut, par un changement de la variable indépendante $u$, réduire la fonction U à l'unité. On en déduit facilement l'équation du troisième ordre à laquelle doit satisfaire la fonction $\varphi$.

Les trois expressions $\omega\beta_k + i V\gamma_k$ satisfont à une même équation de Moutard. On peut donc dire :

*La recherche des réseaux* (M) *revient à trouver trois solutions d'une même équation de Moutard dont la somme des carrés est une fonction de $v$.*

Cela posé, les cosinus directeurs $\beta_1$, $\beta_2$, $\beta_3$ de MR et les cosinus directeurs $\cos\varphi$, $\sin\varphi$ de *mr* sont solutions de l'équation

$$\frac{\partial^2\xi}{\partial u\,\partial v} = \frac{\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial v}}\frac{\partial\xi}{\partial v} - \frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\varphi}{\partial v}\xi.$$

Il en résulte que la congruence *mr* est 2H, les coordonnées complémentaires étant $i\beta_1$, $i\beta_2$, $i\beta_3$.

Si donc on coupe le réseau (M) par un plan isotrope fixe, il y correspond sur le réseau (*m*) une congruence harmonique (*pq*) dont le deuxième réseau focal, situé sur *mr*, est 2O ; la congruence *pq* est d'ailleurs C, puisqu'elle est harmonique à un réseau O. Si l'on mène par *m* la perpendiculaire $\delta$ à *pq*, la droite $\delta$ engendre une congruence H dont le premier réseau focal est 2O.

On voit facilement qu'on obtient par cette méthode tous les réseaux qui possèdent les propriétés des réseaux ($a$) et ($b$). En particulier, on pourra prendre pour coordonnées de (6)

$$\frac{\cos\varphi}{\beta_2 + i\beta_3}, \quad \frac{\sin\varphi}{\beta_2 + i\beta_3},$$

on aura un réseau 2O, la coordonnée complémentaire étant

$$\frac{i\beta_1}{\beta_1 + i\beta_3}.$$

On voit que si le déterminant $\Delta$ est connu on peut résoudre le problème posé à l'aide d'une seule quadrature.

*Remarque.* — Si la fonction V se réduit à une constante, la recherche des réseaux (M) revient à celle des surfaces à courbure totale constante.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les ondes de choc de M. A. Dévé.* Note de M. **H. Parenty.**

*a.* M. A. Dévé décrit dans une intéressante Note [1] les ondes de condensation produites, dans le vent d'une tuyère, par la rencontre d'un projectile au repos. Ayant par là rendu ces ondes stationnaires, il a pu les photographier à grande échelle avec une précision remarquable. Dans ces clichés un quadrillage de voiles sombres et de plages éclairées, symétriquement incliné sur les trajectoires, se manifeste dès la sortie de la tuyère jusqu'à l'ogive de l'obus, et j'ai constaté qu'il survit à l'enlèvement de l'obstacle et couvre l'emplacement cylindrique du jet libéré de toute action de choc. Et cela me permet de signaler le fréquent abus du terme « onde de choc ».

*b.* L'objectif nous révèle en effet que : 1° le choc d'un petit obstacle engendre, dans un jet permanent, une condensation dont le sillage se propage en mourant vers l'aval et disparaît, sans éprouver d'alternative rythmée, sans devenir une onde, mais que, d'autre part, 2° l'acquisition d'une vitesse supérieure à la vitesse du son, fonction de la température, détruit la permanence du jet *limite* et y détermine une onde stationnaire qui ne résulte pas du choc d'un obstacle extérieur, ce phénomène intérieur dépend uniquement de la nature des gaz et des lois de leur détente. Le

[1] A. Dévé, *Sur les ondes de choc*... (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 665).

premier cas nous présente un choc sans onde et le second une onde sans choc.

*c*. J'ai tenté vainement, vers 1890, de photographier les ondes d'un jet de vapeur (¹) insuffisamment transparent, et tout en signalant la possibilité de représenter sur un cliché la structure d'un jet de gaz diaphane à la lueur d'une étincelle, j'ai soumis tous les points de parallèles fort rapprochés au sondage des composantes axiale et radiale de la pression vive.

*d*. Les images des densités, celles des pressions n'ont de commun dans ces deux méthodes que la silhouette du jet et les positions de ses parallèles maxima et minima. Mais le Dr R. Emden qui a comme je le conseillais photographié le jet gazeux à la lueur d'une étincelle d'induction (²) ne voit sur ses clichés que des focales de réfraction, ne déterminant ni la position ni la valeur des densités. Les plaques passent même du positif au négatif en franchissant le foyer de l'objectif.

*e*. J'avais antérieurement réussi, par la méthode des sondages, à tracer par points et tangentes à ces points les méridiennes de nappes continues ou discontinues où règne chaque pression vive. C'est la carte hypsométrique d'une région où il y a des vallées, des cols et des montagnes, et la courbe de niveau $p_L$ du moins élevé de ces cols, dont une branche est infinie, engendre par sa rotation le tore des nappes continues du jet dont la pression vive est inférieure à $p_L$. La nappe extérieure infinie de ce tore est la surface de mirage du colonel Dévé. J'ai constaté que la pression vive de cette surface $p_L = (1 - a : m)p_0$ donne au fluide la vitesse du son $U_S$. Il s'établit d'ailleurs entre les reliefs et les creux de la carte hypsométrique un équilibre assez complexe qui permet au fluide de revenir périodiquement à l'état du dernier parallèle aval de la tuyère. Sous l'action expansive d'abord, et ensuite, nous le verrons, compressive du milieu extérieur aval dont la pression $p_1$ est inférieure à la pression intérieure $p_L$, le jet s'épanouit, puis se rétracte. Il éprouve une pulsation dont l'énergie se récupère à chaque oscillation complète, et cela donne au jet une série d'étranglements d'un diamètre égal à celui de l'orifice, et dont l'espacement $\lambda$ est la longueur de l'onde stationnaire.

(¹) H. Parenty, *Comptes rendus*, t. 119, 1894, p. 183; t. 154, 1912, p. 357; t. 158, 1914, p. 1973; t. 167, 1918, p. 667.

(²) H. Parenty, *Ann. de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 8, mai 1896; t. 12, novembre 1897. — Dr Robert Emden (*in* Munchen), *Ueber die Ausströmungserscheinungen permanenter Gase*. Leipzig. Johann Ambrosius Barth, 1899.

*f*. La pression limite $p_L$ et la vitesse limite $U_L$ dépendent, pour différents gaz, du coefficient thermique $a$ fonction du rapport de leurs coefficients $c$ et C et qui pour la vapeur est égal à 0,4758, et pour divers orifices, du coefficient $m$ de leur débit qui traduit la convergence des trajectoires. $U_L$ n'en est pas moins une vitesse du son $U_S$, mais pour une température que ne fournirait pas l'adiabatisme parfait d'un orifice de coefficient $m = 1$ franchi normalement par toutes les trajectoires du jet. Pour toutes les tuyères convergentes coniques de demi-angle inférieur à 13°, $m$ est le rapport de la calotte sphérique à la section qui lui sert de base et cela prouve que les trajectoires initiales se dirigent vers le sommet du cône, $m$ est $> 1$, et, pour 13°, $m = 1,0373$.

*g*. Les courbes de niveau fermées de la méridienne hypsométrique engendrent, en tournant autour de l'axe, des nappes discontinues de pressions vives supérieures à $p_L$. J'admets que la compression a suffisamment échauffé le fluide de ces nappes pour lui donner une vitesse de propagation $U_S$ égale à sa vitesse de translation. Certaines expériences révèlent en cette région des cols plus élevés que $p_L$ et entre ces cols des sommets, et par là des ondes secondaires.

*h*. C'est par un mécanisme semblable que : 1° les deux masses d'air, poussées et condensées par la tête, aspirées et dilatées par la queue d'un projectile plus rapide que le son, acquièrent, par une adaptation convenable de leur température, une vitesse de propagation $U_S$ égale à la vitesse de translation U du projectile qu'ils accompagnent, et que 2° la réaction du milieu extérieur développe en ces masses l'onde que le colonel Dévé a rendue stationnaire. On sait que la chaleur et la condensation de l'onde de tête d'un projectile ont pour effet : 1° de cautériser la plaie en séton d'un organe qu'il franchit; 2° de faire éclater un organe où il s'arrête par une explosion de masses gazeuses libérées et par une suppression instantanée de leur énergie vibratoire. Et c'est ainsi qu'un projectile fort rapide devient inoffensif, qu'un projectile lent occasionne la mort.

*i*. Les clichés Emden et Dévé des condensations, ma méridienne des pressions, manifestent extérieurement une identique succession de cyclones et d'anticyclones. Mais intérieurement, entre deux nœuds, la première image dessine un sablier ou un X couronné d'un disque brillant. La seconde image fixe les stratifications d'une cellule ovoïde tournant le gros bout vers l'aval et dont l'œil punctiforme atteint, sur l'étranglement du sablier, une pression $p_2$ plus basse que $p_1$. Les sabliers et les X sont les lignes de forces ou les clivages du jet, les ovules stratifiés en sont les surfaces de niveau.

Et ici, comme le prévoit justement le colonel Dévé, le manomètre vient en aide à l'objectif.

*j*. J'ai établi que la vitesse d'une masse sur sa trajectoire a pour dérivée en $p$ l'inverse du débit en poids $\Pi$ par unité de section de la surface de niveau qu'elle franchit.

Cette curieuse conséquence du théorème des forces vives :

$$K\,d(U^2) + v\,dp = 0, \qquad \text{d'où} \qquad K\frac{dU}{dp} = \frac{-1}{\varpi U} \qquad \text{et} \qquad KU' = \frac{-1}{\Pi},$$

fait correspondre au quadrant de cercle de rayon $a:m$, par lequel j'ai figuré le débit, un quadrant de sinusoïde figurant la vitesse. La pression limite $p_L = (1 - a:m)p_0$ donne le débit maximum et la vitesse $U_L = U_S$. 1° Quand la pression ambiante $p_1$ est $> p_L$, le jet permanent offre à l'objectif un cylindre brillant dépourvu d'onde stationnaire ; 2° si $p_1$ est $< p_L$, le milieu exerce sur le jet, à travers la nappe $p_L$, une action expansive qui devrait s'arrêter sur la surface de niveau $p_1$ si la limitation des vitesses n'avait libéré dans le fluide une énergie qui lui permet d'atteindre une pression $p_2 < p_1$. J'ai prouvé que $p_L :: p_1 :: p_2$ sont en progression géométrique. Cette dépression de l'œil du cyclone rend l'action du milieu $p_1$ compressive, elle arme le tremplin qui fera rejaillir $p_2$ jusqu'à $p_1$ et jusqu'à $p_0$. Cette pulsation rythmée due à la réaction du milieu $p_1$ provient, comme toutes les vibrations, de ce que les forces qui agissent sur la matière en mouvement ne s'équilibrent pas au même instant que leurs énergies libérées par une limitation de vitesse.

*k*. Expérimentalement, la longueur $\lambda$ de l'onde stationnaire proportionnelle au diamètre $d$ est l'ordonnée, le débit d'une parabole ayant pour abscisse, pour hauteur génératrice le rapport de $(p_L - p_1)$ à $p_1$ ce que le Dr Emden justifie en gros en comparant cette onde silencieuse dissymétrique aux ondes sonores sinusoïdales de Lord Rayleigh.

Sans recourir à cette comparaison, j'observerai que, des détentes $p_0 > p_L > p_1$, un orifice reçoit simultanément : 1° de $p_0$ à $p_L$ un débit limite continu tout à fait indépendant de $p_1$ ; 2° de $p_L$ à $p_1$ un débit alternatif s'étendant à une masse, à une longueur du jet proportionnée à l'énergie de cette détente, ne modifiant pas la densité moyenne $\varpi_L$ de l'onde comprise entre deux nœuds, ce qui comporte la forme parabolique du débit des liquides ou des fluides incompressibles

$$\lambda = kd\sqrt{2\frac{c}{C}\left[\left(1 - \frac{a}{m}\right)\frac{p_0}{p_1} - 1\right]}.$$

Ces diverses formules ne dépendent ni de la valeur absolue des pressions ni des densités.

BOTANIQUE. — *L'inflorescence de* Fuchsia coccinea. Note [1] de M. **Paul Vuillemin**.

La fleur de *Fuchsia*, régulièrement tétramère, est d'habitude isolée à l'aisselle d'une feuille. C'est une inflorescence uniflore, dernier terme de la condensation d'une grappe. L'axe de l'inflorescence typique (*fig.* 15) porte successivement une première fleur I médiane au contact de la feuille mère, puis alternativement des paires transversales et des paires médianes de bractées accompagnées d'une fleur axillaire ou d'une inflorescence partielle. La première paire transversale se compose de la fleur II à droite et de la fleur III à gauche; la première paire médiane est formée de la fleur IV en arrière et de la fleur V en avant et ainsi de suite.

La Tératologie a recueilli une foule de bizarreries imputables au réveil partiel des membres latents de l'inflorescence.

Chez le *Fuchsia coccinea* où la réduction extrême est normale, la condensation persistante de la grappe permet rarement l'affranchissement intégral des bractées et des fleurs. Plusieurs fleurs sont amalgamées en synanthie. Une fleur prépondérante paraît encombrée de fragments hétérogènes; l'analyse y démêle les vestiges de fleurs différentes représentées, tantôt par une bractée complète ou incomplète, tantôt en outre par diverses pièces florales, tantôt uniquement par des pétales extérieurs à la corolle d'une fleur d'ailleurs complète.

Mon étude porte sur quatorze fleurs. Cette pénurie n'est pas imputable à la rareté des anomalies de même ordre, car la moitié de mon matériel provient de la même récolte (1896) sur un petit nombre de pieds (n$^{os}$ 1 à 6 et 8), trois spécimens ont été trouvés en 1907 (n$^{os}$ 11, 12, 13), un seul en 1897 (n° 7), en 1901 (n° 10), en 1910 (n° 9). Ces treize échantillons ont été cueillis à Malzéville. Le quatorzième avait été récolté à Épinal le 10 septembre 1884.

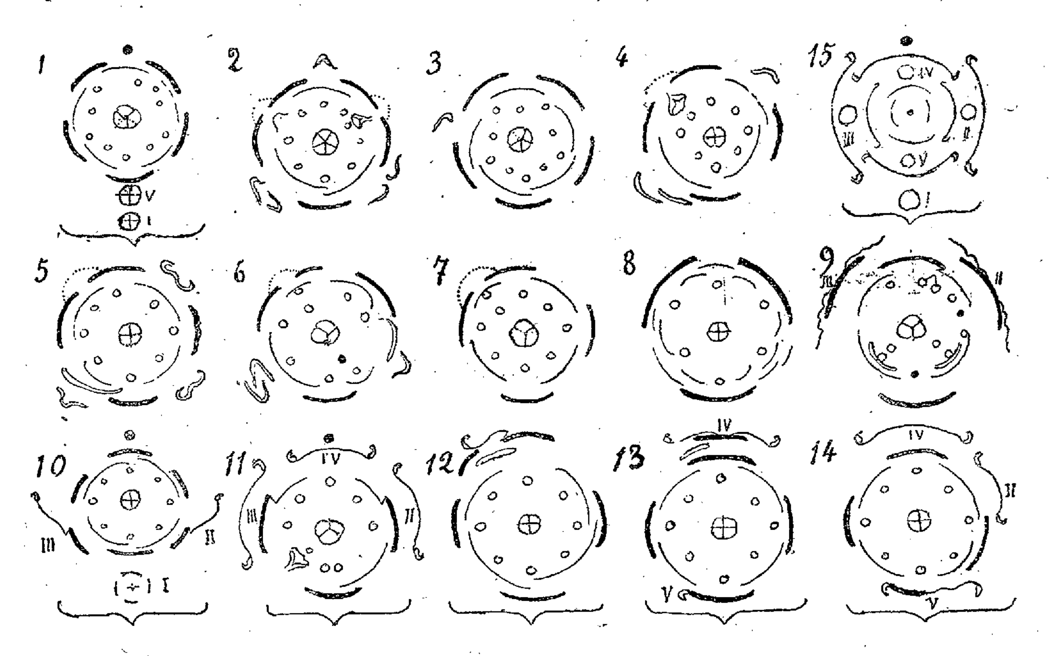
La pléomérie n'est pas en elle-même une preuve suffisante de la synanthie dans cette espèce, où les fleurs régulièrement pentamères ne sont pas plus rares que les fleurs trimères. Elle mérite d'être prise en considération

---

[1] Séance du 6 décembre 1920.

quand elle coexiste avec la pluralité des fleurs. Tel est le premier cas qui va être décrit.

Un spécimen (*fig.* 1) porte trois fleurs médianes sans bractée. Les deux premières sont tétramères; la plus éloignée de la feuille mère est pentamère avec sépale antérieur médian. Les deux fleurs antérieures tiennent la place de I et V; la dernière pourrait résulter de la concrescence des fleurs II, III, IV.



Cette interprétation est corroborée par un autre spécimen pentamère (*fig.* 2) Cette fleur se distingue surtout de la précédente par l'addition de petits pétales en dehors de la corolle normale, un postérieur et une paire de chaque côté du sépale antérieur. Ces paires de pétales, vestiges de fleurs atrophiées, ont refoulé symétriquement les sépales latéraux; chacun de ceux-ci forme avec le suivant une pièce bifide; le pétale répondant à la jonction des sépales est réduit à gauche à une lame minuscule sans étamine, à droite à un entonnoir atrophique (scyphie); l'étamine correspondante subsiste. La synanthie est à peu de chose près zygomorphe; le plan de symétrie est la médiane de la fleur prépondérante.

La pentamérie de la fleur (*fig.* 3) est troublée par l'adjonction d'un petit pétale extérieur ou latéral gauche. De plus, le carpelle postérieur a une loge ovarienne commune avec le latéral gauche.

De semblables additions se rencontrent dans des fleurs d'ailleurs tétramères.

Le sépale gauche de la fleur (*fig.* 4) forme une pièce bifide couvrant un pétale

seyphié comme dans la fleur (*fig.* 2). Le refoulement des sépales procède de la même cause, c'est-à-dire de l'intrusion de pétales étrangers.

Trois pétales surnuméraires occupent la même position et entraînent la même modification du calice dans un autre échantillon (*fig.* 5). Les pétales propres sont normaux, sauf l'antérieur gauche dont la débilité est en rapport avec l'ampleur du pétale intrus le plus voisin qui l'a presque évincé. On trouve en outre un pétale surajouté en dehors du pétale antérieur droit

Le spécimen (*fig.* 6) se relie au précédent. Il s'en distingue surtout par une nouvelle complication. Le pétale correspondant au sépale double, dont le chef postérieur est étroit, est réduit à une crête surmontant l'étamine afférente. Néanmoins une étamine libre sépare cette pièce mixte du pistil. Quelle est son origine? Deux réponses se présentent : n'est-ce pas l'étamine qui manque devant le sépale rétréci? N'est-ce pas le représentant du quatrième carpelle qui manque au pistil? Un carpelle se compose d'un phyllome ovarien et d'un frondome ovulifère. Nous n'en sommes plus à compter les exemples d'avortement du phyllome et d'androgénie du frondome femelle, homologue de l'étamine.

La seconde alternative est exactement applicable à la fleur (*fig.* 7). On n'y aperçoit aucune intrusion de pièces étrangères; mais on retrouve à la fois le pistil trimère, le sépale bifide dont les chefs égaux recouvrent chacun une étamine, la pièce pétalo-staminale et l'étamine superposée.

Cette explication, séduisante par sa simplicité, est appelée à résoudre une partie des difficultés dans des cas plus compliqués.

Les fleurs 2, 3, 5, 6 se distinguent immédiatement de la fleur pleine banale par la position des pétales surnuméraires. L'échantillon (*fig.* 8) est ambigu, avec son pistil tétramère, son calice et son androcée trimères et une douzaine de petits pétales disséminés sans ordre clair. Notons seulement que la trimérie presque complète n'exclut pas nécessairement la synanthie.

La fleur représentée (*fig.* 9), épanouie prématurément le 5 mai 1910 à la cave où elle avait passé l'hiver, en impose à première vue pour une fleur trimère. Elle a un ovaire infère à trois loges, la médiane en arrière et trois sépales extérieurs, le médian en avant. Les deux sépales postérieurs sont partiellement foliacés; ils résultent de la concrescence de sépales avec les bractées transversales légèrement déviées. Il s'agit d'une synanthie triflore amalgamant les fleurs I, II, III. En écartant les appendices extérieurs, on décèle l'équivalent d'une fleur médiane tétramère avec substitution d'une étamine à un carpelle et de légères modifications de l'androcée. Mais entre chaque pétale antérieur (dont l'un s'est uni à son étamine) et le pistil, on trouve un stamino-pétale, puis une étamine libre. Ces pièces proviennent des composantes transversales.

Terminons par cinq exemples d'intrusion de bractées dans la synanthie.

Dans l'inflorescence (*fig.* 10), la fleur I est indépendante; la synanthie porte sur IV

renforcée des bractées transversales unies respectivement à un sépale des fleurs II et III. Ces pièces additionnelles sont insérées symétriquement au sommet de l'ovaire entre le sépale postérieur de la fleur IV et les latéraux légèrement refoulés.

La bractée IV, qui manque au spécimen 10, est accolée à la synanthie (*fig.* 11), évince le sépale antérieur et refoule symétriquement les pétales voisins, qui s'unissent aux sépales transversaux. L'étamine postérieure est bifurquée; l'une des branches remplace le quatrième carpelle. Le pétale postérieur droit est scyphié; son pendant n'est pas accompagné d'étamine. Les bractées transversales sont entraînées au sommet de l'ovaire sans vestiges floraux.

L'inflorescence (*fig.* 12) est dénuée de tout vestige des fleurs I, II et III et des bractées correspondantes; la synanthie a deux composantes médianes : V fleur tétramère sans bractée, à qui manque seul le sépale postérieur. La brèche est comblée par la bractée IV, accompagnée de deux sépales et d'un pétale.

L'inflorescence (*fig.* 13) est privée aussi de I, II, III. La fleur V est complète ; son sépale antérieur est même renforcé à gauche d'une stipule, vestige de sa bractée. La bractée VI, insérée à la jonction de l'ovaire et du tube calicinal, est concrescente au sépale antérieur de sa fleur axillaire; sa structure participe de celle du sépale et de la feuille; un pétale s'en détache latéralement.

Dans l'inflorescence (*fig.* 14), la bractée IV se dégage, comme dans la précédente, à la jonction de l'ovaire et du tube; elle est foliacée, stipulée et même pétiolée, elle ne porte pas trace de fleur axillaire. Le tube calicinal, long de $8^{mm}$, porte au sommet la bractée II, foliacée, sessile et bistipulée, intercalée entre le sépale transversal droit et le sépale postérieur. La bractée V se dégage à $2^{mm},5$ plus bas, provoquant une légère fission du tube; elle forme avec le sépale antérieur une seule pièce, rouge à gauche, foliacée à droite avec une stipule à la base de la portion sépalaire (comme dans l'inflorescence 13), l'autre à la base de la portion foliacée.

Les cas analogues rapportés indûment à la métamorphose ou à l'apostasie, s'expliquent de même par la synanthie résultant de la dissociation imparfaite des éléments de l'inflorescence typiquement pluriflore, quoique habituellement uniflore.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui la représentera dans le *Conseil d'administration de l'Institut national agronomique* et un de ses membres qui la représentera dans le *Conseil d'administration de l'École nationale d'agriculture de Grignon*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Berget, *Les problèmes de l'Océan*. (Présenté par S. A. S. le prince de Monaco.)

2° *Life movements in plants*, by Sir Jagadis Chunder Bose. (Présenté par M. L. Mangin.)

3° Louis Duparc et Marguerite-N. Tikonowitch, *Le platine et les gîtes platinifères de l'Oural et du monde*.

MM. **Barthe**, **R. de Forcrand**, **F. Gonnessiat**, **A. Boyer Guillon**, **A. Lepape** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **R. Anthony**, **Ph. Eberhardt**, **E. Mathias**, **J. Pellegrin**, **Ch. Pérez**, **René Souèges**, **Wintrebert** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

MM. **H. Chaumat**, **C. Codron**, **C. Frémont**, **O. Parent**, **G. Pruvot** et **E.-G. Racovitza** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

M. **A. Guilliermond** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée en 1919 sur le *Fonds Bonaparte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales doubles en lesquelles les pseudo-lignes d'infini sont lignes de zéros*. Note de M. **A. Buhl**.

On sait (¹) que si l'on transforme l'identité

$$\int_c X\,dY = \int\int_s dX\,dY,$$

par la substitution

$$X = \frac{\Phi(x, y)}{x - \alpha(y)}, \qquad Y = Y(x, y), \tag{1}$$

(¹) *Sur les pseudo-lignes d'infini des intégrales doubles* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1918); *Géométrie et Analyse des intégrales doubles* (Collection *Scientia*, Gauthier-Villars, 1920).

cette identité prend la forme

(2) $$\int_C X\,dY = \int\int_S \Delta\,dx\,dy$$

avec

$$\Delta = \frac{(x-\alpha)(\Phi'_x Y'_y - \Phi'_y Y'_x) - \Phi(Y'_y + \alpha' Y'_x)}{(x-\alpha)^2}$$

et qu'alors $\Delta$ ne contient pas forcément la ligne d'infini contenue dans X, le numérateur de $\Delta$ pouvant être divisible par $(x-\alpha)^2$.

Pour que cette divisibilité ait lieu, il faut que l'on ait

(3) $$\alpha' Y'_x + Y'_y = 0, \quad \Phi Y'_x = C,$$

pour $x = \alpha(y)$.

Ce sont ces conditions que je désire compléter.

*Si, outre* (3), *on a, pour* $x = \alpha(y)$,

(4) $$\frac{\partial}{\partial x}(\Phi^2 Y'_x) = C_1,$$

*le numérateur de* $\Delta$ *est divisible par* $(x-\alpha)^3$.

Alors, au premier membre de (2), *singulier par une ligne d'infini* située sous l'intégrale simple, correspond un second membre *singulier par une ligne de zéros* située sous l'intégrale double. Remarquons que cette dernière singularité, située dans le $\Delta$, est précisément celle qu'on s'arrange à exclure dans les théories modernes concernant le changement de variables dans les intégrales doubles.

La condition (4) permet de montrer que, dans les intégrales doubles algébriques les plus simples considérées jusqu'ici, on se trouve généralement dans le cas précédent.

Ainsi supposons que la première équation (3) soit une équation à variables séparées et que, des deux équations (3), on ait conclu

$$\Phi^2 = -\frac{\alpha' C^2}{Y'_x Y'_y}.$$

Alors $\Phi^2 Y'_x$ ne dépend pas de $x$ et la condition (4) est satisfaite.

C'est ainsi que, avec

$$P(x) = p_0 + p_1 x + p_2 x^2 + \ldots + p_n x^n,$$

le théorème sur l'échange du paramètre et de l'argument, dans les inté-

grales hyperelliptiques, repose sur l'égalité

$$\int_C \frac{\sqrt{P(x)P(y)}}{x-y}\left[\frac{dy}{P(y)} - \frac{dx}{P(x)}\right] = \frac{1}{2}\int\int_S \frac{V(x, y)\,dx\,dy}{\sqrt{P(x)P(y)}},$$

en laquelle

$$V(x, y) = (x-y)\sum_{n=3}^{n=n} p_n \frac{\partial^2}{\partial x\,\partial y}\left(xy\frac{x^{n-2}-y^{n-2}}{x-y}\right).$$

Dans mon Mémoire *Sur les pseudo-lignes d'infini*, presque toutes les généralisations de ce théorème d'échange présentent une telle particularité.

Ceci arrive, par exemple, quand la substitution (1) devient

$$X = \frac{[g(x)]^{\mu} + \alpha'[f(y)]^{\nu}}{x-\alpha}, \qquad Y = \int_{y_0}^{y} \frac{dy}{[f(y)]^{\nu}} - \int_{x_0}^{x} \frac{dx}{[g(x)]^{\mu}}.$$

En ce cas, $x = \alpha(y)$ doit être solution de l'équation

$$\frac{dx}{[g(x)]^{\mu}} = \frac{dy}{[f(y)]^{\nu}}$$

qui contient notamment toute la transformation des fonctions elliptiques, $x(y)$ étant alors rationnel.

On voit donc l'immense champ d'intégrales doubles, à constitution algébrique, qui peuvent révéler une pseudo-ligne d'infini en l'admettant comme ligne de zéros. En fait, c'est surtout dans de tels cas que le dénombrement des intégrales doubles de seconde espèce, attachées à une surface algébrique, a pu être effectuée complètement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de fonctions à un nombre infini de branches.* Note de M. **Théodore Varopoulos**, présentée par M. Hadamard.

Je me propose, dans cette Note, d'étendre les résultats que j'ai obtenus [1], pour les transcendantes algébroïdes, c'est-à-dire à un nombre fini de branches, à une classe de fonctions, très général d'ailleurs, définies par une équation de la forme

$$F(z, u) = A_0(z) + A_1(z)u + A_2(z)u^2 + \ldots + A_{\nu-1}(z)u^{\nu-1} + f(z, u)$$

avec

$$f(z, u) = \varphi_1(u)a_1(z) + \varphi_2(u)a_2(z) + \ldots + \varphi_{\mu}(u)a_{\mu}(z),$$

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 991.

où $\mu$ désigne un entier quelconque, les $\varphi_i(u)$ des fonctions uniformes quelconques de $u$, et $a_i(z)$ fonctions entières ayant un ordre de grandeur toujours inférieur au plus grand des ordres $e^{M(r)}$ *des fonctions entières* $A_i(z)$.

I. Lorsque les $A_i(z)$ $(i = 0, 1, 2, \ldots, \nu - 1)$ sont des fonctions linéairement indépendantes, les valeurs (E) et les valeurs $(E_2)$, $(E_3)$ n'existent pas et alors l'élimination des fonctions $A_i(z)$ (ce qui est toujours possible) entre les équations

$$\begin{aligned} F(z, u_1) &= P_1(z)\, e^{\theta_1(z)}, \\ F(z, u_2) &= P_2(z)\, e^{\theta_2(z)}, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ F(z, u_{\nu+1}) &= P_{\nu+1}(z)\, e^{\theta_{\nu+1}(z)} \end{aligned}$$

$[P_1(z), P_2(z), \ldots, P_{\nu+1}(z)$ étant des polynomes$]$ nous conduira à une identité de la forme

$$\begin{aligned} &a_1 P_1(z)\, e^{\theta_1(z)} + a_2 P_2(z)\, e^{\theta_2(z)} + \ldots + a_{\nu+1} P_{\nu+1}(z)\, e^{\theta_{\nu+1}(z)} \\ &\quad = a_1 f(z, u_1) + a_2 f(z_1, u_2) + \ldots + a_{\nu+1} f(z, u_{\nu+1}) = G(z), \end{aligned}$$

où $G(z)$ croîtra moins vite que $e^{M(r)}$, et puisque aucune des valeurs exceptionnelles $u_1, u_2, \ldots, u_{\nu+1}$ ne fait partie de l'ensemble (E) qui comprend toutes les valeurs de $u$ pour lesquelles $F(z, u)$ soit d'ordre de grandeur inférieur à $e^{M(r)}$, toutes les exponentielles $e^{Q_1(z)}, e^{Q_2(z)}, \ldots, e^{Q_{\nu+1}}(z)$ croissent comme $e^{M(r)}$ et, par conséquent, les conditions exigées par la proposition fondamentale de M. Borel (¹) sont bien réalisées.

Conclusion. — *Le nombre des valeurs* $(E_1)$ *ne dépasse* $\nu + 1$, *l'infini compris.*

II. S'il existe des relations de la forme

$$f(z, u_i) + A_0(z) + A_1(z) u_i + A_2(z) u_i^2 + \ldots + A_{\nu-1}(z) u_i^{\nu-1} = \sigma_i(z) \\ (i = 1, 2, \ldots, \nu - 1),$$

les $\sigma_i(z)$ désignent des fonctions entières croissant moins vite que $e^{M(r)}$; l'élimination des $A_i(z)$ entre les $\nu + 1$ équations

$$\begin{aligned} F(z, u_1) &= \sigma_1(z), \\ F(z, u_2) &= \sigma_2(z), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ F(z, u_{\nu-1}) &= \sigma_{\nu-1}(z), \\ F(z, u_\nu) &= P_\nu(z)\, e^{Q_\nu(z)}, \\ F(z, u_{\nu+1}) &= P_{\nu+1}(z)\, e^{Q_{\nu+1}(z)} \end{aligned}$$

(¹) Voir le Mémoire de M. Borel, *Sur les fonctions entières* (*Acta mathematica*, t. 20, 1897).

nous conduira aussi à une identité de la forme

$$\sum_{1}^{\nu-1} \alpha_i \sigma_i(z) + \alpha_\nu P_\nu(z) e^{Q_\nu(z)} + \alpha_{\nu+1} P_{\nu+1}(z) e^{Q_{\nu+1}(z)} = \sum_{1}^{\nu+1} \alpha_i f(z, u_i)$$

qui est visiblement impossible, puisque les valeurs $u_\nu$, $u_{\nu+1}$ ne font partie de l'ensemble $(E_3)$ qui comprend ici toutes les valeurs de $u$ pour lesquelles le rapport $F(z, u_i) : F(z, u_j) = \text{const.}$

Conclusion. — *L'ensemble des valeurs* (E), $(E_1)$, $(E_2)$ *ne surpasse jamais le nombre* $\nu + 1$, *l'infini compris.*

Les mêmes résultats subsistent quand $F(z, u)$ est de la forme

$$F(z, u) = Z\varphi(z, u) + A_0(z) + A_1(z)u + A_2(z)u^2 + \ldots + A_{\nu-1}(z)u^{\nu-1} + u^\nu,$$

$\varphi(z, u)$ étant une fonction uniforme quelconque de $u$, et entière en $z$ toujours avec un ordre de grandeur (par rapport à $z$) inférieur à $e^{M(r)}$.

Je dois signaler le fait que la Thèse de M. Rémoundos, *Sur les zéros d'une classe des fonctions transcendantes*, m'a été très utile dans les recherches en question.

ALGÈBRE. — *Sur les corps résolubles algébriquement.* Note de M. **Takagi**, présentée par M. Hadamard.

« En désignant par D le discriminant d'un corps cubique $k$, le nombre des classes de formes quadratiques primitives de discriminant D est un multiple de 3. Un tiers de ces classes forme un groupe qui se caractérise par cette propriété que, des nombres premiers rationnels ne divisant pas D et dont D est un résidu quadratique, ceux qui se décomposent en trois facteurs différents dans $k$, et ceux-là seulement, peuvent être représentés par une forme quadratique faisant partie de ce groupe. »

Ce théorème a été démontré, dans le cas particulier où $k$ est engendré par une racine cubique d'un nombre rationnel, par R. Dedekind [1], mais énoncé par lui sous forme générale en en présumant la validité.

Le but de la présente Note est de montrer que le théorème de Dedekind peut être généralisé à tous les corps de degré premier résolubles algébriquement.

Soit alors $k$ un tel corps, et soit $l$ son degré. Celui-là engendre, en réu-

[1] *Journal de Crelle*, t. 121.

nion avec ses conjugués, un corps normal K de degré $nl$, où $n$ est un diviseur de $l-1$. Ce corps K est relativement cyclique par rapport à un sous-corps $K_0$ de degré $n$, qui est lui-même un corps cyclique. Le groupe G de Galois du corps K est engendré par la substitution S d'ordre $l$, qui ne change pas $K_0$, et par la substitution T d'ordre $n$, qui laisse $k$ intact. Ces deux substitutions sont liées entre elles par la relation $T^{-1}ST = S^r$, $r$ étant une racine primitive de la congruence $r^n \equiv 1 \pmod{l}$. Les substitutions $S^\alpha T^\beta$, où $\alpha = 0, 1, 2, \ldots, l-1$, et $\beta \neq 0$ est un nombre fixe, sont conjuguées dans G.

De cette constitution bien connue du groupe G, on tire des conséquences assez précises sur le mode de décomposition d'un nombre premier rationnel en facteurs premiers dans K. Soit

$$p = (P_1 P_2 \ldots P_e)^g$$

cette décomposition, de sorte que $efg = nl$, où $f$ est le degré commun des idéaux premiers P. Soient $G_d$, $G_i$ et $G_r$ les groupes de décomposition, d'inertie et de ramification de $P_1$ d'ordre $fg$, $g$ et $g_0$, où $g_0$ est la plus haute puissance de $p$ contenue dans $g$. En se rappelant que les groupes complémentaires $\frac{G_d}{G_i}$ et $\frac{G_i}{G_r}$ doivent être cycliques, on voit que, quand :

1° $p \neq l$, et $g$ est divisible par $l$ : on a nécessairement $g = l$, c'est-à-dire que l'idéal fondamental relatif du corps $\frac{K}{K_0}$ et l'idéal fondamental du corps $K_0$ n'ont aucun diviseur commun qui ne divise pas $l$.

2° $g > 1$, mais $g$ n'est pas divisible par $l$ : il faut alors que $e$ soit divisible par $l$, c'est-à-dire que chaque idéal premier divisant l'idéal fondamental de $K_0$ mais premier à l'idéal fondamental relatif de $\frac{K}{K_0}$, se décompose nécessairement en un produit de $l$ idéaux premiers différents entre eux dans K.

3° $g = 1$, $G_i$ d'ordre 1, $G_d$ cyclique d'ordre $f$ : donc ou $e = n$, $f = l$, ou bien $e$ est un multiple de $l$.

Soit maintenant $F^{l-1}$ le discriminant relatif du corps $\frac{K}{K_0}$. J'ai montré dans une Note présentée au Congrès de Strasbourg que, quand on définit les classes d'idéaux de $K_0$ suivant le module F, le groupe de classes de $K_0$ contient un sous-groupe d'indice $l$ comprenant tous les idéaux premiers qui se décomposent en $l$ idéaux différents dans K. [On observe en passant que, d'après 2° et 3°, ce sous-groupe contient tous les facteurs premiers du discriminant de $K_0$ ne divisant pas F et tous les idéaux premiers de $K_0$

premiers avec le discriminant de $K_0$ et d'un degré supérieur à l'unité.] Comme K est un corps normal, il s'ensuit de ce que j'ai expliqué plus haut, soit que $F = q$ est un nombre rationnel premier à $l$, ou bien $F = L^m q$, où $q$ est un nombre rationnel premier à $l$, et L un idéal du corps $K_0$, tel que

$$l = L^\nu = (L_1 L_2 \ldots L_e)^\nu$$

dans $K_0$, et que chacun de ces idéaux premiers $L_1, L_2, \ldots$ de $K_0$ est une puissance $l^{\text{ième}}$ d'un idéal premier de K.

On peut préciser beaucoup l'exposant $m$ dans $F = L^m q$. En posant $L_1 = \mathfrak{L}^l : l = (\mathfrak{L} \ldots)^{\nu l}$, on voit que le groupe de ramification $G_r$ de $\mathfrak{L}$ est le groupe $\{S\}$ et le groupe d'inertie $G_t$ le groupe $\{S, I\}$, où l'on peut prendre $I = T^\mu$ en posant $n = \mu\nu$. En désignant par A un nombre de K qui est divisible par la première puissance seulement de $\mathfrak{L}$, on a, d'après la propriété caractéristique du groupe de ramification,

$$A \mid S = A + A_m,$$

où $A_m$ désigne un nombre divisible par $\mathfrak{L}^m$, mais non par $\mathfrak{L}^{m+1}$. Si alors $A'$ est un autre nombre de K, divisible par $\mathfrak{L}$, et que l'on pose

$$A' \equiv aA \pmod{\mathfrak{L}^2},$$

où $a$ est un nombre du corps d'inertie $(K_0)$ de $\mathfrak{L}$, on obtient

$$A' \mid S \equiv A' + a A_m \pmod{\mathfrak{L}^{m+1}}.$$

Mais, pour le nombre $A' = A \mid I^{-1}$, on a $a = r^{-\mu}$, de sorte que

$$A \mid I^{-1} S I \equiv A + r^{(m-1)\mu} A_m \pmod{\mathfrak{L}^{m+1}},$$

et en se rappelant que $I^{-1} S I = S^{r^\mu}$, on obtient

$$r^{(m-1)\mu} \equiv r^\mu \pmod{l},$$

d'où

$$m - 1 \equiv 1 \pmod{\nu}.$$

D'autre part, on sait que le nombre $m - 1$ doit rester au-dessous de la limite

$$m - 1 \leqq \frac{\nu l}{l - 1} = \nu + \frac{\nu}{l - 1}.$$

On voit donc que $m - 1 = 1$ ou $= l$ (et cela seulement dans le cas où $\nu = l - 1$); c'est-à-dire que

$$F = L^2 q \quad \text{ou} \quad F = L^{l+1} q = L^2 l q.$$

On a, finalement, le théorème suivant :

Soient $k$ un corps de degré premier résoluble algébriquement et $K_0$ le corps cyclique correspondant. Si l'on définit les classes d'idéaux de $K_0$ suivant le module F, le groupe de ces classes contient un sous-groupe d'indice $l$, qui est caractérisé par cette propriété que, des nombres premiers rationnels ne divisant pas le discriminant de $k$ et se décomposant en facteurs premiers du premier degré dans $K_0$, ceux qui se décomposent en facteurs premiers de premier degré dans $k$, et ceux-là seulement, sont égaux à la norme d'un idéal de $K_0$ faisant partie de ce sous-groupe.

Pour le corps cubique non cyclique, on a $l = 3$, $F = q$, $3q$, ou $9q$; $K_0$ est un corps quadratique de discriminant $d$, où, comme on le voit sans difficulté, $D = dF^2$; on retombe alors sur le théorème énoncé par Dedekind.

TECHNOLOGIE. — *De l'utilisation des courants de marée sur les côtes de France*. Note de M. **La Porte**, présentée par M. Bigourdan.

La plupart des projets publiés ou mis à l'étude pour l'utilisation de l'énergie due aux marées se rapportent aux mouvements verticaux de la mer. Par suite, ces projets nécessitent la construction d'appareils nouveaux plus ou moins compliqués, dont aucun n'est encore entré dans la pratique courante.

Il semble qu'il serait plus simple — en tout cas d'une utilisation plus immédiate — de se servir des courants horizontaux produits par le jeu des marées. Les appareils qu'on aurait ainsi à employer sont ceux qu'on utilise depuis longtemps sur les rivières et les cours d'eau, à savoir des roues et des turbines. Sans doute, l'adaptation de ces appareils au cas spécial qui nous occupe peut donner lieu à quelques difficultés d'application ; mais ces difficultés ne paraissent pas au-dessus des ressources de la technique industrielle de notre époque.

Nous nous proposons de déterminer les principaux points de nos côtes où les courants de marée seraient pratiquement utilisables.

Les chiffres que l'on trouve dans les documents nautiques, relativement à la vitesse des courants de marée, se rapportent à des marées de coefficient 100. On admet généralement que ces vitesses varient proportionnellement aux coefficients. Cette règle n'est évidemment qu'approchée. Mais on peut admettre que, pour les mortes-eaux moyennes, dont le

coefficient est de 45, la vitesse des courants de marée est entre la moitié et le tiers de celle des courants de vive-eau.

A l'entrée du Morbihan, un goulet, large seulement de $950^m$, met en communication la *petite mer* avec la baie de Quiberon. Dans cet étroit passage, les courants de marée atteignent une telle violence que l'accès en est interdit en vive-eau aux voiliers ou aux petits vapeurs qui voudraient remonter le courant. Celui-ci atteint en effet des vitesses de 8 nœuds ($4^m$ à la seconde), même de 10 nœuds ($5^m$ à la seconde) dans certains passages resserrés, comme dans le chenal entre l'île de Bender et l'île d'Ar Gazek.

Par suite de la grande profondeur de son goulet ($11^m$ à $29^m$), la mer du large pénètre par gros temps jusqu'à un certain point dans l'intérieur du Morbihan. Le même inconvénient n'existe pas dans la *Rivière d'Etel*, vaste bras de mer situé entre Quiberon et Lorient, qui s'enfonce de près de $20^{km}$ dans l'intérieur des terres. Cette *rivière* est barrée à l'entrée par un seuil sablonneux sur lequel il ne reste que quelques décimètres d'eau à basse mer. L'intérieur en est donc toujours parfaitement calme et dans l'étroit goulet (large à peine de $300^m$) sur lequel on a jeté le *pont Lorois*, les courants de marée acquièrent une vitesse qui paraît, *à vue*, de même ordre que celle de l'entrée du Morbihan, et qui serait sans doute plus facilement utilisable.

A l'entrée de Lorient, la *petite mer* de Gavre pourrait être également utilisée.

A l'extrémité ouest de la presqu'île armoricaine, le Raz de Sein, le Fromveur, le Four sont traversés par des courants qui atteignent des vitesses de 6 à 7 nœuds ($3^m$ à $3^m,5$ par seconde) dans le Raz et dans le Four, 7 à 8 nœuds ($3^m,5$ à $4^m$ par seconde) dans le Fromveur. Mais ces courants sont inutilisables à cause de la violence de la mer qui règne généralement dans ces parages.

Il en est de même du Raz Blanchart, qui sépare l'île d'Aurigny du cap de la Hague, où les courants atteignent une vitesse de 8 nœuds ($4^m$ à la seconde) en vive-eau.

La région de Saint-Malo est sur les côtes de France celle où la marée atteint sa plus grande hauteur ($13^m$ à $14^m$ en vive-eau). L'embouchure et le cours de la Rance présentent plusieurs passages où les courants atteignent des vitesses de 8 nœuds.

L'estuaire de la Seine (surtout à l'intérieur des digues), l'embouchure de la Somme (à la pointe du Hourdel), offrent des vitesses moins grandes que les précédentes, mais encore utilisables.

A l'embouchure de la Loire, entre Saint-Nazaire et Mindin, on trouve des vitesses qui atteignent 5 nœuds ($2^m,5$ à la seconde) en jusant.

Dans le goulet de Fromantine, par suite de l'étroitesse du passage par lequel s'écoulent les eaux de la partie sud de la baie de Bourgneuf, les vitesses sont plus fortes (6 à 7 nœuds en jusant).

Dans les *Coureaux* d'Oléron, les courants atteignent, en certains points, des vitesses de 3 à 4 nœuds ($1^m,5$ à $2^m$ à la seconde).

Ce sont des vitesses de même grandeur que l'on trouve à l'embouchure de la Gironde, près de la pointe de Grave, et à l'entrée du bassin d'Arcachon.

Il ne saurait être question d'établir, en ces différents points, des barrages plus ou moins analogues à ceux qui servent sur les rivières à fournir la force motrice aux roues et aux turbines. Ces barrages seraient, en général, excessivement coûteux, et entraveraient la navigation, à moins d'être construits dans des bras secondaires où les vitesses des courants seraient beaucoup moindres.

Il suffirait, croyons-nous d'après des exemples que nous avons observés, de mouiller dans le lit du courant des navires spéciaux, munis de roues plus ou moins analogues à celles des premiers navires à vapeur. Ces roues, mues par le courant, actionneraient des machines électriques d'une puissance en rapport avec la vitesse moyenne du courant de marée. L'énergie électrique ainsi produite serait transmise à terre par des câbles aériens, et serait utilisée avec adjonction d'une machine auxiliaire destinée à suppléer aux interruptions provenant des étales de courant, étales qui, du reste, sont d'autant plus courtes en général que les courants sont plus violents.

Ajoutons qu'avec un pareil dispositif les machines du bord tourneraient toujours dans le même sens, quel que soit le sens du courant, le navire s'orientant de lui-même, *s'évitant*, dans la direction de ce courant, après chaque étale.

ASTRONOMIE. — *Nouvelle détermination de la période solaire basée sur la loi d'éclairement des éclipses de Lune*. Note de M. **A. Danjon**, présentée par M. B. Baillaud.

Dans une Note récente [1], j'ai énoncé une relation entre l'éclairement de la Lune éclipsée et l'activité solaire. Je me propose maintenant de faire

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1127.

connaître les résultats que j'ai obtenus en appliquant cette loi à la recherche des minima solaires antérieurs à 1823.

Ce n'est que depuis un siècle que les fluctuations des taches solaires sont régulièrement notées. Les observations plus anciennes sont très insuffisantes, et les minima que Wolf en a tirés, après une laborieuse discussion, sont très incertains. Plusieurs savants ont même mis en doute l'existence d'une période solaire, proprement dite, en raison de la distribution irrégulière des époques publiées par Wolf.

J'ai entrepris la détermination des minima en m'appuyant sur les observations d'éclipses de Lune. J'ai pu tracer avec précision certaines parties de la courbe d'éclat des éclipses, dont les chutes brusques m'ont fourni, à un an près, les dates suivantes (y compris celles de la période moderne, redéterminées sur la courbe) :

| Minima. | C. — O. | E. | Minima. | C. — O. | E. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1583........ | +1,8 | 0 | 1812........ | +1,1 | 21 |
| 1606........ | +0,5 | 2 | 1823........ | +0,9 | 22 |
| 1618........ | —0,6 | 3 | 1834........ | +0,8 | 23 |
| 1672........ | —0,2 | 7 | 1844........ | +1,7 | 24 |
| 1703........ | +1,4 | 11 | 1856........ | +1,5 | 25 |
| 1713........ | +2,2 | 12 | 1868........ | —0,6 | 26 |
| 1725........ | +1,1 | 13 | 1878........ | +0,3 | 27 |
| 1737........ | 0,0 | 14 | 1889........ | +0,2 | 28 |
| 1749........ | —1,2 | 15 | 1901........ | —1,0 | 29 |
| 1760........ | —1,3 | 16 | 1912........ | —1,1 | 30 |
| 1782........ | —1,5 | 18 | | | |

Le désaccord entre ces dates et celles de Wolf atteint parfois 5 ans, aux XVII^e et XVIII^e siècles. Il n'y a pas lieu de s'en étonner, la méthode de réduction adoptée par Wolf devenant très aléatoire, quand les observations présentent des lacunes (¹).

1. *On peut représenter avec une erreur moyenne d'un an les époques ci-dessus au moyen de la formule suivante :*

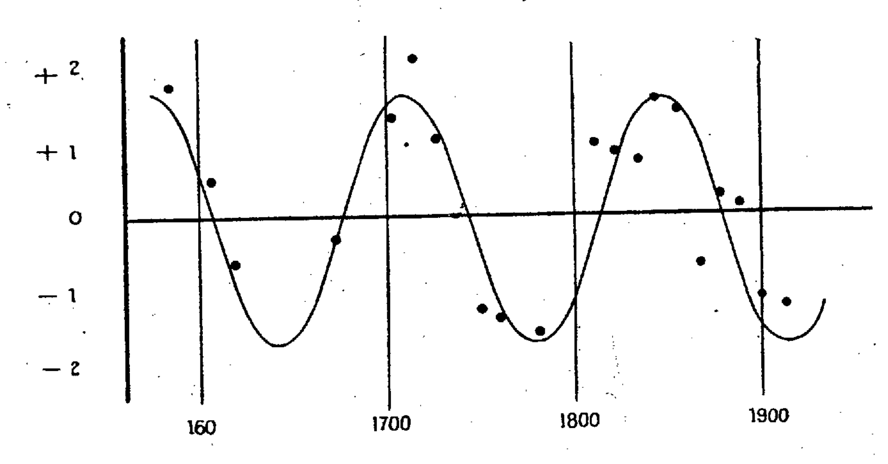
$$\text{(1)} \qquad \text{min} = 1584,8 + 10,87\,\text{E}.$$

2. *Les résidus de la formule* (1) *donnés dans la colonne* C. — O., *et repré-*

(¹) En particulier, Wolf place un minimum en 1611, tandis que, d'après mon Tableau, c'est un maximum qui a dû se produire. Malgré l'invention toute récente des lunettes, il est peu probable que les taches aient été découvertes dans une année de minimum.

*sentés graphiquement ci-dessous, ont une allure systématique évidente. On peut les représenter par une sinusoïde ayant une période de 136 ans, l'erreur moyenne tombant alors en dessous de* $0^{an}, 4$.

Pour apprécier l'exactitude de la représentation, il convient de noter que




les époques sont déterminées à un an près ([1]). Le terme périodique à ajouter au second membre de l'équation (1) a pour valeur

$$\Delta = 1^{an}, 7 \sin 2\pi \frac{t - 1608}{136},$$

où $t$ est la date du minimum moyen calculée par la formule (1).

En d'autres termes, la période solaire est égale en moyenne à

$$P = 10^{ans}, 87$$

à $\frac{3}{100}$ ou $\frac{4}{100}$ d'année près, entre 1583 et 1912. Elle est soumise à une inégalité périodique, ayant une période de 136 ans, qui peut avancer ou reculer de $1^{an}, 7$ les minima réels par rapport à leurs dates moyennes. De ce fait, l'intervalle entre les deux minima consécutifs varie de $10^{ans}, 0$ à $11^{ans}, 8$. La première de ces valeurs a été atteinte aux environs de 1670 et de 1815, la seconde, aux environs de 1610, de 1740 et de 1880.

---

(1) L'alignement des points du graphique sur des droites inclinées tient uniquement à ce que les dates observées sont exprimées en années rondes.

Le minimum de 1868 s'écarte plus que les autres de la courbe. L'anomalie disparaît si l'on adopte l'époque admise habituellement, 1867,2. Mais il s'est produit une éclipse claire le 13 septembre 1867, ce qui ne me permet pas de placer le minimum avant cette date.

La découverte de descriptions d'éclipses de Lune antérieures à Tycho Brahé permettrait de préciser encore la période undécennale et la grande période de 136 ans. Quant à présent, je n'ai pu retrouver que des observations isolées, par suite inutilisables.

Il reste encore des lacunes à combler, entre 1583 et 1812.

La formule (1) corrigée du terme $\Delta$ donne pour le prochain minimum la date 1923,4. D'ici-là les éclipses de Lune seront très claires (comme celle du 2 mai dernier); ensuite, jusqu'en 1926, elles seront grises et sombres.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Contribution à la théorie du rayonnement thermique.* Note de M. Z. **Klemensiewicz**, présentée par M. Lippmann.

Le raisonnement dont se sert M. Planck, pour établir sa formule du rayonnement thermique des corps noirs, consiste à rechercher la répartition d'énergie dans un ensemble des résonateurs monochromatiques auquel il attribue une infinité de degrés de liberté. Ceci posé, on n'obtient l'accord avec expérience qu'en arrêtant la divisibilité d'énergie à une limite finie $\varepsilon = h\nu$, $h$ étant une constante universelle, $\nu$ la fréquence du résonateur. Malgré le succès de la formule de M. Planck et aussi celui de la notion du quantum $h$, le procédé de M. Planck n'a jamais paru satisfaisant. Il se met en opposition avec le principe de l'équipartition d'énergie et s'appuie sur un modèle de résonateur auquel il manque la qualité essentielle de transformer les ondes de diverses fréquences.

Notre but est de démontrer qu'il est possible d'obtenir la formule de Planck tout en utilisant les méthodes de la mécanique classique auxquels il est nécessaire d'ajouter seulement une nouvelle règle dans le genre de celle qui a permis à M. Bohr de calculer les séries des spectres.

*Le rayonnement thermique étant un phénomène commun à tous les corps* quelle que soit leur nature physique ou chimique, il nous paraît plausible de voir sa *source dans des chocs moléculaires* (les chocs entre molécules et électrons libres ou même entre deux électrons y compris) par lesquels l'*énergie du mouvement thermique se transforme en rayonnement des toutes longueurs d'ondes*. Inversement, deux molécules rapprochées par le choc absorbent l'énergie de n'importe quelle fréquence et s'écartent, par suite, avec une vitesse relative qui dépend de l'énergie absorbée.

Pendant leur libre parcours, les molécules ou les atomes n'émettent et n'absorbent que des *fréquences choisies*, celles de leur spectre caractéristique.

La nature du choc, que nous supposons non élastique, est caractérisée par l'énergie cinétique perdue que nous appellerons *l'énergie du choc*. Elle est de $a = \frac{mv^2}{4}$, $m$ étant la masse des molécules (supposées identiques), $v$ leur vitesse *relative* avant le choc.

Pour notre démonstration nous nous servirons d'un gaz parfait comme modèle. Mais, comme cela a lieu en thermodynamique, les résultats seront valables pour tous les corps, vu le caractère général des lois.

Si les vitesses relatives des molécules sont réparties d'après la loi [1]

$$(1) \qquad \mathrm{Y}v, v + dv = \frac{mv}{2k\mathrm{T}} e^{-\frac{mv^2}{4k\mathrm{T}}} dv,$$

la fraction de chocs dont l'énergie est comprise entre $a$ et $a + da$ est de [2]

$$(2) \qquad d\mathrm{X} = \frac{1}{k\mathrm{T}} e^{-\frac{a}{k\mathrm{T}}} da,$$

où $k = \frac{\mathrm{R}}{\mathfrak{N}} = 1,37.10^{-16}$ erg par degré centigrade.

*L'énergie du choc se transforme en totalité ou en partie en rayonnement dont l'énergie* $\varepsilon$ satisfait à l'équation

$$(3) \qquad \varepsilon = ph\nu,$$

*$p$ signifiant un nombre naturel*, $h$ le quantum de Planck $= 6,45.10^{-27}$ erg : sec et $\nu$ la fréquence du rayonnement émis.

La formule (3) n'est autre chose qu'une *relation entre l'intensité* et la *fréquence* d'un train d'ondes créé par un phénomène moléculaire élémentaire (choc). Nous l'introduisons ici comme hypothèse; mais il faut remarquer que des règles pareilles ont été employées avec succès dans les cas des rayons X et celui des spectres des raies. Nous aurons donc la *condition fondamentale*

$$(4) \qquad a \geqq ph\nu.$$

Ainsi les chocs dont l'énergie est comprise entre o et $a = h\nu$ ne fournissent pas de rayons de la fréquence $\nu$. Ceux entre $a = h\nu$ et $a = 2h\nu$ peuvent fournir chacun l'énergie $\varepsilon_1 = h\nu$ sous la forme de rayons $\nu$, ceux entre $a = 2h\nu$ et $a = 3h\nu$ l'énergie $\varepsilon_2 = h\nu$, etc. Donc l'énergie fournie par

---

(1) P. LANGEVIN et J. REY, *Le Radium*, t. 10, 1913, p. 142.

(2) Z. KLEMENSIEWICZ, *Bull. Acad. Cracovie*, juin 1918, p. 314.

les chocs de ces différentes catégories sera de

$$\mathcal{V}' = h\nu \int_{a=h\nu}^{a=2h\nu} \frac{1}{kT} e^{-\frac{a}{kT}} da = h\nu\left(e^{-\frac{h\nu}{kT}} - e^{-\frac{2h\nu}{kT}}\right),$$

$$\mathcal{V}'' = 2h\nu \int_{a=2h\nu}^{a=3h\nu} \frac{1}{kT} e^{-\frac{a}{kT}} da = h\nu\left(2e^{-\frac{2h\nu}{kT}} - 2e^{-\frac{3h\nu}{kT}}\right),$$

$$\mathcal{V}''' = 3h\nu \int_{a=3h\nu}^{a=4h\nu} \frac{1}{kT} e^{-\frac{a}{kT}} da = h\nu\left(3e^{-\frac{3h\nu}{kT}} - 3e^{-\frac{4h\nu}{kT}}\right),$$

Le total est de $\mathcal{V}_\nu = \mathcal{V}' + \mathcal{V}'' + \mathcal{V}''' + \ldots = h\nu\left(e^{-\frac{h\nu}{kT}} + e^{-\frac{2h\nu}{kT}} + e^{-\frac{3h\nu}{kT}} + \ldots\right)$ ou bien

$$\mathcal{V}_\nu = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}. \tag{5}$$

C'est donc *l'énergie émise* sous forme du rayonnement $\nu$ par tous les chocs-résonateurs. Vu que $\int_0^\infty \frac{1}{kT} e^{-\frac{a}{kT}} da = 1$, $\mathcal{V}_\nu$ correspond également à la grandeur appelée par M. Planck *l'énergie moyenne d'un résonateur de la fréquence* $\nu$ et pour laquelle il a trouvé la *même* expression. En posant dans l'équation (3) $p = 1$, on obtiendrait la formule de M. Wien.

Le fait, que l'énergie du résonateur est d'après (5) une fonction de la fréquence, ne nous paraît pas plus en opposition avec le principe de l'équipartition que le fait bien connu, d'après lequel l'énergie de la molécule dépend de sa vitesse momentanée. *Nos résonateurs, étant dynamiques, ne peuvent pas être considérés comme composants d'un système mécanique* qui doivent obéir au principe de l'équipartition d'énergie.

La théorie ci-dessus pourra être dans *un point* surtout *confrontée* aisément *avec l'expérience. Les coefficients d'émission et d'absorption* pour le rayonnement continu doivent *dépendre du nombre des chocs.* Dans un milieu gazeux, celui-ci est proportionnel au *carré* de la pression. Dans les gaz raréfiés, on n'obtient donc que le spectre discontinu provenant des atomes ou molécules libres. Tandis qu'aux pressions et aux températures élevées on devrait voir surgir un fond continu provenant des chocs. Les faits connus sont bien en accord qualitatif avec cette explication, mais il manque encore des données quantitatives, les expérimentateurs ayant consacré leur intérêt principalement à l'étude des phénomènes discontinus d'absorption.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les polymolybdates hexabasiques.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

Des trois heptamolybdates hexabasiques les plus anciennement connus dont j'ai étudié précédemment la constitution ([1]), le sel de potassium

$$(KO)^3MoO(O.MoO^2)^5O.MoO(OK)^3 + 4H^2O$$

est le moins stable. Ses solutions aqueuses déposent spontanément des aiguilles fines et molles répondant à la formule $K^2O.3MoO^3 + 3H^2O$ ou un multiple.

On peut isoler le sel correspondant d'ammonium, isomorphe avec le précédent et non encore décrit, des produits de décomposition du molybdate d'ammoniaque ordinaire par l'eau à 150°. J'attribue à ces deux sels la constitution

$$(RO)^3.MoO(O.MoO^2)^5.OR + 6H^2O.$$

L'heptamolybdate hexasodique

$$(NaO)^3MoO(O.MoO^2)^5O.MoO(ONa)^3 + 22H^2O$$

est beaucoup plus stable et peut être recristallisé. Cependant, si l'on y ajoute $1^{mol},5$ à $2^{mol}$ de HCl ou si on le sature à chaud de $MoO^3$, on le transforme en un trimolybdate que les auteurs formulent inexactement $Na^2O.3MoO^3 + 7H^2O$. Ce dernier sel n'a, en effet, que $6^{mol}$ d'eau de cristallisation et, pour lui enlever les éléments d'une septième, il est nécessaire de le calciner. Dès lors, sa constitution doit être

$$(NaO)^2HO.MoO(O.MoO^2)^2OH + 6H^2O.$$

L'heptamolybdate hexammonique

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^5O.MoO(ONH^4)^3 + 4H^2O$$

se comporte autrement. Lorsqu'on ajoute à ses solutions saturées des quantités croissantes de HCl, il se condense davantage et laisse cristalliser, suivant la proportion d'acide employée, des polymolybdates hexabasiques de formule générale

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^mO.MoO(ONH^4)^3 + n\,aq.,$$

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1058.

dans laquelle $m > 5$, et des composés non saturés analogues. J'ai préparé ainsi les sels suivants :

*Nonamolybdate hexammonique* $(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^7O.MoO(ONH^4)^3 + 7H^2O$. — Lamelles rhombiques peu solubles à froid, solubles à chaud, recristallisables sans altération.

*Undécamolybdate hexammonique*

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^9O.MoO(ONH^4)^3 + 8H^2O.$$

Aiguilles prismatiques de même solubilité.

*Dodécamolybdate hexammonique*

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^{10}O.MoO(ONH^4)^3 + 6H^2O.$$

Cristaux lourds appartenant, d'après les mesures de M. R. Sabot qui seront publiées ailleurs, au système triclinique. Ce corps est probablement identique au tétramolybdate $(NH^4)^2O.4MoO^3 + 2H^2O$ décrit par Berlin en 1850; sa véritable nature découle de la possibilité d'en préparer le sel double $[(NH^4)^2O]^2Na^2O.12MoO^3 + 5H^2O$ et de la tendance qu'il a de se dédoubler lentement, en solution, en hexamolybdate hydroxytriammonique $(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^5OH$, insoluble dans l'eau et homologue inférieur de l'heptamolybdate hydroxytriammonique décrit dans la Note précitée.

*Tridécamolybdate hydroxypentammonique*

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^{11}O.MoO(ONH^4)^2OH + 14H^2O.$$

Aiguilles assez longues qui se décomposent, à la recristallisation, en dodécamolybdate hexammonique et

*Tridécamolybdate dihydroxyammonique*

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^{11}O.MoO(ONH^4)(OH)^2 + 18H^2O.$$

Aspect microscopique caractéristique : prismes hexagonaux avec base fortement inclinée et sommet pyramidal.

*Tridécamolybdate trihydroxytriammonique*

$$(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^{11}O.MoO(OH)^3 + 19H^2O.$$

Aiguilles peu solubles à froid, presque insolubles en présence de nitrate d'ammonium, assez solubles à chaud, perdant leur eau de cristallisation de 100° à 135° et $1^{mol}$ d'eau constitutive à 160°.

Les nona et dodécamolybdate hexammoniques peuvent aussi être préparés par dissolution de $2^{mol}$ à $4^{mol}$ de $MoO^3$ dans une solution de molybdate d'ammoniaque ordinaire, le premier à 30°-40°, le second à l'ébullition, avec formation simultanée d'heptamolybdate hydroxytriammonique.

On voit que l'acide molybdique en solution se comporte comme s'il avait tendance à se condenser en acide *tridécamolybdique* qui semble être son

état normal en milieu acide. La présence d'alcalis et surtout d'ammoniaque empêche cette condensation de devenir intégrale : il se forme des sels hexabasiques avec plus ou moins de chaînons molybdiques, le plus souvent en nombre impair. C'est seulement à la limite de la condensation qu'il se forme des composés acides : sels non saturés de l'acide tridécamolybdique hexabasique.

Tous les polymolybdates sont transformés par un excès d'alcali en orthomolybdates; inversement, par addition aux solutions de ces derniers d'un acide minéral ou de $MoO^3$, on revient aux heptamolybdates et, dans le cas des sels ammoniacaux, aux polymolybdates hexabasiques supérieurs, comme nous venons de le démontrer.

Pour expliquer ces faits, il est logique d'admettre que les orthomolybdates eux-mêmes ne sont que des *trimolybdates hexabasiques*

$$(RO)^3MoO.O.MoO^2.O.MoO(OR)^3 + n\,aq.$$

Ils représenteraient ainsi le premier terme de toute la série.

Un certain nombre de faits plaident en faveur de cette théorie : l'orthomolybdate de potassium très hygroscopique cristalliserait, d'après Svandberg et Struve, avec $\frac{1}{2}H^2O$ ; j'ai trouvé que ce sel, séché à basse température sur $SO^4H^2$, correspond à la formule $(K^2O)^3.3MoO^3 + H^2O$. Il existe un sel double bien cristallisé $K^2O(Na^2O)^2.3MoO^3 + 14H^2O$ dont l'importance pour la constitution des orthomolybdates n'a pas encore été relevée. Delafontaine a décrit le sel $(Li^2O)^3.3MoO^3 + 8H^2O$.

Mais l'argument le plus probant en faveur de la constitution trimolybdique de ce groupe de sels se déduit des propriétés de l'orthomolybdate d'ammoniaque. Si ce sel était analogue au sulfate d'ammoniaque, comme on l'admet généralement, il devrait être assez stable; or, il perd près de moitié de son ammoniaque déjà à la température ordinaire et exactement les trois quarts à 160°.

Cela ne saurait surprendre dans l'hypothèse du trimolybdate hexammonique, la stabilité des sels hexammoniques diminuant avec le nombre des chaînons molybdiques qu'ils contiennent. Tandis que le dodécamolybdate, par exemple, peut être chauffé à 170° sans subir aucune décomposition, le nonamolybdate commence à perdre de l'ammoniaque à 130° et l'heptamolybdate un peu au-dessous de 100°.

Séchés à 170°, tous les polymolybdates hexammoniques inférieurs, y compris l'orthomolybdate, sont ramenés à la composition uniforme

$$(NH^4)^3O.6MoO^3.OH.$$

LITHOLOGIE. — *Sur la constitution lithologique du Nummulitique et du Crétacé supérieur du plateau d'Arâche (massif de Platé, Haute-Savoie).* Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Émile Haug.

Entre Arve et Giffre s'étend un puissant massif nummulitique et crétacé, dont le socle, formé de Jurassique et de Lias, montre des complications tectoniques très intéressantes.

Sans m'occuper pour le moment de cette question, sur laquelle je me propose de revenir, je voudrais seulement résumer quelques observations pétrographiques, faites uniquement sur la couverture crétacée et tertiaire, négligée jusqu'ici, à ce point de vue, et spécialement au point de contact des deux terrains. Les coupes les plus intéressantes sont échelonnées sur la route qui, de Magland, monte par Balme et Arâche pour se continuer au bord de la falaise jusqu'à Pernant.

On sait, depuis les recherches des géologues qui ont étudié la région (Maillard, Haug, Ritter, L.-W. Collet), que le village de Balme, situé au niveau de l'Arve, marque l'extrémité frontale digitée d'un pli couché vers le nord, butant contre la voûte subalpine autochtone du rocher de Cluses, dont il est séparé par le synclinal étiré de Balancy. Il y a là des plis-failles intéressants, qui ont donné lieu à la formation d'écailles « subhorizontales ».

Le passage du Crétacé au Tertiaire est très variable suivant les écailles considérées, et nous allons en étudier différentes coupes.

La falaise urgonienne la plus inférieure, celle où sont creusées les fameuses grottes de Balme, montre en coupe une charnière anticlinale dont le flanc inverse repose sur un Sénonien horizontal qui n'avait pas encore été signalé.

La partie la plus inférieure de ce Sénonien, celle qui, stratigraphiquement, correspond au sommet de l'étage, est formée de petits bancs de teinte gris clair qui, en coupe mince, se montrent pétris de *Lagena* sphériques et d'abondantes *Rosalina Linnei* d'Orb., espèce qui caractérise, par son abondance même, la Craie supérieure des Alpes et des Pyrénées.

En continuant la route d'Arâche, on franchit successivement le Gault et le Sénonien du flanc normal, puis un complexe très épais de schistes sénoniens supérieurs, de schistes gréseux à Globigérines, de Flysch avec lentilles de grès de Taveyannaz bleu verdâtre (variété riche en éléments basiques); mais les complications tectoniques ont amené un tel brouillage qu'on ne peut relever dans le détail la succession des assises.

Sur le plateau d'Arâche, à l'ouest du village, au point où la corniche de

l'écaille supérieure (Urgonien, Gault, Sénonien, etc.) surplombe la vallée de l'Arve, se trouvent des couches tout à fait intéressantes. Ces couches reposent en bancs horizontaux sur le Sénonien supérieur schisteux et foncé, toujours reconnaissable à sa cassure esquilleuse, par l'intermédiaire d'un banc de grès noir très glauconieux, où le microscope ne décèle aucun organisme. Ce sont des calcaires de teinte claire, compacts, avec intercalations de petits lits schisteux azoïques, bourrés de quartz clastiques.

La silice abondante de ces calcaires s'y est individualisée de deux façons : d'abord en rognons de silex et en longues traînées fortement mises en relief par décalcification, puis dans la masse même de la roche, qui présente d'innombrables petits quartz bipyramidés d'un type banal allongés suivant l'axe vertical, et de la forme $pe^{\frac{1}{2}}e^2$. L'intérêt de ces quartz, c'est qu'ils montrent tous des inclusions finement granuleuses de calcite, qui donnent ainsi des renseignements précis sur l'état primitif du calcaire encaissant.

En lames minces, les silex de ces calcaires fournissent des tiges de *Chara*, et la roche elle-même, des coupes nombreuses de *Bythinia*, d'*Hydrobia* et d'*Ostracodes* (*Cypris*) (¹).

*On peut donc voir dans ce niveau, incontestablement lacustre, une preuve nouvelle de l'émersion de la région vers l'Éocène inférieur, après le dépôt de la Craie supérieure, et l'équivalent stratigraphique des couches à* Bulimus subcylindricus *Math. du Roc-de-Chère*, au bord du lac d'Annecy (²).

Au sud-ouest, passent par-dessus cette formation les calcaires priaboniens à *Orthophragmina*, *Nummulites striatus* et *Lithothamnium* (³), puis les schistes à patine blanche et à grosses Globigérines du Flysch oligocène, surmontés eux-mêmes par les grès de Taveyannaz brun clair (véritable grès moucheté très riche en silice).

Partout ailleurs, dans cette partie du massif, le Sénonien supérieur schisteux, à pâte fine, passe au Nummulitique par l'intermédiaire de couches également schisteuses, très épaisses, où l'on ne trouve plus *Rosalina Linnei* et qui se chargent peu à peu de quartz détritiques et de grosses Globigérines;

(¹) M. J. de Lapparent a bien voulu me guider dans ces déterminations délicates, et je lui exprime ma vive reconnaissance.

(²) L. Moret, *Sur la découverte au Roc-de-Chère (lac d'Annecy) des couches lacustres de l'Éocène* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 104).

(³) Aux chalets de Flaine, ces calcaires m'ont, en outre, fourni *Operculina alpina*, espèce décrite pour la première fois en 1916 par M. H. Douvillé dans les calcaires de Thônes (Haute-Savoie) et fréquente à Priabona (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 324).

il est donc difficile de mettre en évidence la surface de transgression. Mais, au nord-ouest de Serveray, un peu à l'ouest du point 1167 de la Carte de l'État-Major, on peut constater qu'au-dessus d'un Sénonien classique verdâtre, avec petites Globigérines, Rosalines et Textilaires, existe un conglomérat à éléments urgoniens et sénoniens d'âge tertiaire, puisqu'on y trouve des fragments de Nummulites. Les éléments urgoniens ne présentent pas d'intérêt : ce sont les vulgaires calcaires à Miliolidés, mais les galets sénoniens sont presque uniquement du type à *Lagena* sphériques et à Rosalines, celui que nous avons rencontré à la base de la coupe de Balme; ce qui montre bien que si, en ce point, la partie supérieure du Sénonien manque, c'est que, précisément, elle a fourni les matériaux du conglomérat nummulitique.

Mais il y a plus : le conglomérat, dans lequel on pouvait déjà identifier de multiples débris d'*Inocérames*, est lui-même surmonté par des séries alternantes de petits lits de conglomérat de $10^{cm}$ à $20^{cm}$ et de *bancs de plusieurs mètres d'une roche uniquement composée de débris d'Inocérames de diverses tailles* dont les prismes classiques sont de toute beauté. C'est là une entité lithologique curieuse, nouvelle et qui méritait d'être signalée : on pourrait être tenté au premier abord de l'attribuer au Crétacé. La série se poursuit vers le haut par un gros banc de poudingue, le calcaire à Orthophragmines de Serveray, et enfin le Flysch.

Si l'on se dirige encore plus au sud, le passage du Sénonien au Nummulitique se fait par des schistes, quelquefois avec intercalations de petits bancs calcaires; mais, à partir de la Croix de Fer, de la pointe de Collonney, du désert de Platé, s'observent de nouveau les puissantes masses conglomératiques côtières de la base du Tertiaire.

*En résumé*, dans ce massif, le contact du Nummulitique et de son substratum sénonien peut se faire de trois façons distinctes : 1° par des couches lacustres; 2° par des conglomérats à cailloux crétacés; 3° par des schistes plus ou moins gréseux, et, dans ce dernier cas, l'observation ne m'a pas permis, jusqu'ici, de saisir la limite exacte des deux formations. Il est probable qu'une telle variabilité, observée dans un espace aussi restreint, est due en partie à ce que l'on se trouve ici dans une région d'écailles (ou de nappes) superposées, et originaires de zones éloignées les unes des autres.

GÉOLOGIE. — *Pourquoi les minerais de Lorraine sont très phosphoreux.* Note de M. L. Cayeux, présentée par M. H. Douvillé.

Chacun sait que les minerais de fer lorrains sont très phosphoreux et, qu'avant la découverte du procédé Thomas, la métallurgie ne les utilisait qu'à une échelle très réduite. D'après M. Villain, à qui l'on doit de nombreuses données intéressantes sur le Bassin de Longwy-Briey, le rapport du phosphore au fer serait constant, et égal à 2 pour 100 de fer.

D'où vient ce phosphore et quelles sont ses différentes modalités? A ma connaissance, ces questions n'ont jamais reçu de réponse satisfaisante. Je crois donc utile de faire connaître les observations personnelles qui me mettent en mesure de les résoudre.

Un premier type de phosphore tombe sous les sens à l'état de concrétions microscopiques de phosphate de chaux, d'une part, et de débris osseux, d'autre part.

Au total, les concrétions sont très rares, et toutes sont formées de phosphate amorphe, emprisonnant ou non de minuscules débris organiques.

Par contre, les restes de Vertébrés font partie intégrante de la totalité des échantillons. On en rencontre deux, trois et jusqu'à une dizaine et davantage dans chaque préparation. Ce sont de petits éléments anguleux ou arrondis, dont la microstructure conservée caractérise presque toujours le tissu osseux des poissons. Au surplus, quelques morceaux submicroscopiques de brèche ossifère remaniés s'observent de loin en loin. Il est de toute évidence que si l'on pouvait faire la somme des débris osseux représentés dans la masse des minerais, et il faut ajouter des horizons stériles compris entre les différentes couches qui en renferment également, on arriverait à la conclusion que des poissons en quantité innombrable ont été mis à contribution pour engendrer le phosphore des minerais lorrains. De cette faune de poissons nous ne savons rien.

Mais, si fréquents soient-ils, les restes de Vertébrés ne sont pas assez nombreux, et à beaucoup près, pour rendre compte de la teneur en phosphore du minerai. La disproportion est telle que la question d'une autre source d'acide phosphorique se pose, pour ainsi dire d'elle-même.

Outre les combinaisons de phosphore qui se voient, il en est une invisible, dissimulée dans les oolithes. J'ai démontré précédemment par des réactions microchimiques qu'il existe du phosphore dans toute l'épaisseur

de l'édifice oolithique, sans doute sous la forme de phosphure de fer [1]. La gangue du minerai est-elle minéralisée, il s'y trouve pareillement du phosphore.

D'où vient cet élément et pourquoi les minerais lorrains en renferment-ils une proportion exceptionnellement élevée? Ce que j'ai dit de la fréquence des fragments de tissu osseux nous montre clairement de quel côté est la solution de ces problèmes. On s'accorde généralement à faire dériver des poissons le phosphore des craies phosphatées du nord de la France et de la Belgique. En fait, les préparations de ces craies renferment toujours de nombreuses esquilles de tissu osseux. Or, eu égard à la teneur en phosphore des minerais lorrains et des craies phosphatées, les premiers sont relativement plus riches en restes de poissons que les secondes.

J'estime que les Vertébrés ont joué un rôle capital de part et d'autre; mais tandis que dans la craie phosphatée, tout le phosphore, mis en liberté par la destruction d'une grande quantité de tissus osseux, s'est converti en grains, dans le minerai, au contraire, il s'est fixé et dissimulé dans les composés ferrugineux.

Selon toutes probabilités, une autre source de phosphore, indiscernable à l'œil, doit entrer en ligne de compte. Beaucoup de minerais lorrains, principalement les plus élevés dans la série, sont riches en débris de Mollusques. De plus, les calcaires subordonnés à la formation minéralisée sont pétris de Mollusques en menus fragments, visibles ou non à l'œil nu, à telle enseigne que beaucoup d'entre eux doivent être classés comme lumachelles. D'après ce que l'on sait de la composition des Mollusques vivants, on est fondé à dire que la destruction d'une infinité de coquilles a dû libérer une quantité appréciable d'acide phosphorique.

Quoi qu'il en soit, il y a toutes raisons d'admettre que le phosphore du minerai lorrain est d'origine organique. Quant à la cause même de son abondance, elle doit être cherchée dans la fréquence exceptionnelle des organismes, et tout particulièrement des poissons. En conséquence, la question de la genèse du phosphore des minerais lorrains n'est, en somme, qu'un cas particulier du problème général de l'origine des phosphates sédimentaires.

---

(1) L. Cayeux, *Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires* (*Mémoire pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France*, 1916, p. 164).

De cette étude, on retiendra également qu'un faune de poissons, assez riche pour alimenter en phosphore la formation minéralisée de Lorraine, a pu disparaître sans laisser de traces visibles à l'œil nu. Il en faut conclure, croyons-nous, que l'intervention du microscope est nécessaire pour déterminer, autant que faire se peut, le rôle joué par les Vertébrés dans le passé.

GÉOLOGIE. — *Traces de l'Homme dans les lignites de Voglans (Savoie).* Note de M. **Ch. Gorceix**, présentée par M. Pierre Termier.

Jusqu'ici des traces de l'industrie humaine primitive en Savoie n'avaient été trouvées qu'en de rares grottes. Le hasard de l'exploitation des mines de lignite de Voglans, en faisant tomber une partie du toit dans une galerie, a permis de voir le dessus de la couche en un point où elle présente des traces indiscutables d'incendie. Elle est, en effet, recouverte d'une couche de $2^{cm}$ à $3^{cm}$ de véritable charbon de bois, provenant de la combustion des parties ligneuses supérieures, non encore transformées en lignite. La régularité de cette couche indique qu'au contraire la transformation en masse compacte était déjà effectuée au-dessous.

La foudre ne paraissant pas pouvoir être invoquée dans ce cas, où il n'y avait ni arbres ni broussailles, force est bien de conclure :

1° Que cette couche de lignite, formée de bois transporté par les eaux fluvio-glaciaires provenant du recul du glacier Würmien (une des branches de celui de l'Isère) et déposé dans les anses du fleuve, là où le courant était nul, a été recouverte simplement par l'eau, un temps suffisant pour qu'il puisse, en majeure partie, se transformer.

2° Qu'elle a été exondée, probablement lors de la glaciation néo-würmienne, qui a diminué considérablement le débit, ou lorsque la branche d'Annecy, cessant de descendre vers Aix-les-Bains, prenait son cours dans le val du Fier.

Qu'alors l'Homme chelléen ou magdalénien, descendant de ses grottes, était venu s'installer au bord du fleuve.

3° Qu'une nouvelle débâcle glaciaire, probablement le recul néo-würmien, relevant le plan d'eau et charriant les débris de ses moraines, a recouvert cette couche d'un épais manteau d'alluvions.

Jusqu'ici aucune découverte d'instrument ou de débris n'a été faite auprès du foyer d'incendie, permettant de mieux en fixer l'âge, mais il semble que les phénomènes glaciaires le déterminent suffisamment.

GÉOLOGIE. — *Sur les traces laissées dans le Massif Central français par les invasions glaciaires du Pliocène et du Quaternaire; étendue et multiplicité de ces invasions.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Les glaciers ont joué dans le Massif Central, durant le Pliocène et le Quaternaire, un rôle très important. On pensait jusqu'ici que leur extension avait été limitée à la grande traînée volcanique de 150$^{km}$ de long constituée par les Monts Dore, du Cézallier, du Cantal et de l'Aubrac, qui ont fait l'objet d'études de Julien, Fouqué, Rames, Fabre, Michel Lévy, de MM. Boule et Marty. J'ai indiqué à plusieurs reprises que non seulement d'autres territoires de même altitude, tels que les *Monts du Forez* (1640$^{m}$), mais aussi de relief moins accentué comme le *Plateau de Millevaches* (997$^{m}$), avaient été recouverts de glaciers.

A. Mes dernières recherches me permettent d'ajouter aujourd'hui, à ces régions, les monts de *la Margeride* (altitude 1300$^{m}$-1515$^{m}$), qui culminent les vallées de l'Allier et de la Truyère, le *mont Lozère*, une partie des *Hautes Cévennes et du Velay;* c'est-à-dire que plus d'un huitième du Massif Central a disparu sous un manteau de neiges persistantes, de névés et de glaciers.

Si les effets de l'action glaciaire (modelé spécial et dépôts morainiques) sautent aux yeux, dans les massifs volcaniques de l'Auvergne, il n'en est pas de même des nouvelles régions que je viens de signaler, où la topographie permet presque exclusivement de reconstituer l'empreinte glaciaire. Là, en effet, rares sont les moraines, mais la forme des cirques, les vallées en U, les paliers, les buttes moutonnées, les blocs erratiques, permettent cependant d'y reconstituer, en partie, la série des appareils glaciaires anciens.

Deux facteurs ont contribué à l'atténuation ou à l'effacement plus ou moins complet des traces glaciaires dans ces régions :

1° *La raideur et la dissection* des versants, qui ont joué un rôle typique, par exemple, dans les monts d'Aubrac. Tandis que le versant Nord-Est de ces montagnes offre des pentes relativement douces, terminées par un plateau permettant la *réception et la conservation des moraines* étendues; le versant Sud-Ouest aux pentes *rapides et profondément ravinées*, qui a cependant reçu des glaciers analogues, *ne présente plus aucune trace glaciaire.*

Sur ce versant, modelé glaciaire et moraines ont disparu sous l'influence du ruissellement et de l'érosion torrentielle. Il en est de même dans une

grande partie des Cévennes, sur le versant Rhône, découpé aujourd'hui en de longues et étroites arêtes (serres) dominant des gorges profondes où les empreintes glaciaires n'ont pu subsister que rarement.

Par contre, sur le *versant Atlantique*, dans une *partie des Cévennes*, certaines vallées, comme celles des affluents de la Loire, en amont d'Issarlès et la Loire, elle-même, près de l'Usclade, ainsi que les rivières descendant de la forêt du Mazan ($1300^m$-$1400^m$), offrent des traces glaciaires indéniables et présentent sur leurs deux versants de petits cirques glaciaires.

Dans la *Margeride*, la haute vallée de la Desges et ses affluents coulent dans un bel *amphithéâtre glaciaire*, de $7^{km}$ de diamètre, environné de montagnes de $1400^m$ à $1500^m$ d'altitude; et l'on observe, près de Paulhac, des buttes moutonnées, des vallées en U, et des restes de moraines.

2° *La constitution pétrographique des roches* joue également un rôle marqué dans la disparition des traces glaciaires. C'est ainsi que les vallées glaciaires granitiques et micaschisteuses ont leurs formes rapidement émoussées et que les moraines formées des mêmes éléments se désagrégent très aisément. Les roches volcaniques, telles que les andésites, les labradorites et les basaltes, conservent, par contre, beaucoup plus longtemps les caractères glaciaires.

B. Les glaciers du Massif Central offrent des *types variés*. Au début, dans les Planèzes du Cantal, au nord et au sud des Monts Dore, se montrent les types de *plateaux* qui se transforment dans tous les massifs en *types alpins*, avec glaciers sur les versants opposés, dans les longues régions dissymétriques, telles que le Forez, la Margeride ou en des glaciers rayonnant des anciens centres volcaniques (Cantal et Monts Dore).

Enfin de multiples *cirques glaciaires* frangent, d'une façon pittoresque, les versants des grandes vallées glaciaires : celles de la Dordogne, de la Couze du Valbeleix, de la Cère, de la Jordanne, de l'Alagnon, etc.

C. Les *fronts glaciaires* et leurs moraines sont descendus à des altitudes variables, en relation avec la période géologique et avec la puissance des bassins d'alimentation neigeux. En général, les traces glaciaires les plus basses ne dépassent pas $600^m$ à $700^m$, mais en quelques points, comme dans les vallées de la Dordogne, de la Rhue, on observe des restes de vallées en U, quelques moraines et des buttes moutonnées jusqu'à $400^m$ d'altitude, c'est-à-dire que certains glaciers avaient des dimensions plus considérables que les glaciers alpins actuels.

Actuellement, les neiges persistent dans les régions précitées pendant 7 mois de l'année (de novembre à mai) et dans certaines parties exposées

au nord, dans les Monts Dore et le Cantal, on observe des taches neigeuses jusqu'à fin août. Il suffirait d'un abaissement moyen de température de 4° à 5°, pour ramener les neiges persistantes, les névés et l'état glaciaire dans la plupart des régions montagneuses du Massif Central.

D. Il y *eut au moins trois périodes glaciaires principales* (une quatrième a laissé des traces en quelques points seulement) dans les territoires volcaniques, de relief plus vigoureux et plus étendu (Cantal et Monts Dore), correspondant vraisemblablement à celles des Alpes.

J'ajouterai que dans le Cantal, la topographie glaciaire d'une période est parfois fort différente de celle de la période suivante, ainsi qu'on peut le constater dans le territoire compris entre les vallées de l'Alagnon et de la Santoire, entre Murat, Neussargues et Dienne. On observe, là, les restes de trois glaciations à réseaux différents et de beaux phénomènes de capture de la haute vallée de la Chavade, par la Santoire, ce qui a modifié très sensiblement le cours des glaciers occupant ces vallées.

Comme *conclusions* de cette étude glaciaire en raccourci, on peut dire que le Massif Central offre un beau développement de phénomènes glaciaires, avec des caractères beaucoup moins grandioses que dans les Alpes, mais peut-être plus originaux, en raison de leur liaison avec des édifices volcaniques qu'ils ont aisément modelés et démantelés.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'origine de certains claux du Cantal.* Note de Mlle Y. **Boisse de Black** et de M. P. **Marty**.

Les versants de certaines vallées cantaliennes, Cère, Jordanne, Allagnon, etc., présentent, par places, l'aspect d'un gigantesque escalier. De larges replats, figurant les marches, y alternent avec des talus étroits et raides tantôt rectilignes, tantôt en arcs de cercle à concavité ouverte vers les thalwegs. Dans les régions du Cantal où ce dispositif topographique existe, le sous-sol des versants est constitué par une roche imperméable, ou peu perméable, basalte, calcaire, micaschiste, tandis que le sol est composé d'une argile plus ou moins graveleuse, résultant soit d'un dépôt morainique, soit de la décomposition de la roche sous-jacente.

Des accidents semblables se montrent dans des pays à structure géologique analogue. Dans l'Apennin, les talus sont en arcs de cercle et se nomment *Frane*, terme que l'on peut franciser par le mot *Franes*.

En Picardie, les talus sont rectilignes, à peu près parallèles aux courbes de niveau et se nomment *rideaux*. Des géologues de haute valeur ont

vainement tenté d'expliquer la formation des rideaux jusqu'au jour où M. L. Gentil en a donné une explication génétique qui rend compte de tous les faits d'observation.

Les rideaux sont formés, sous l'action de la pesanteur, par le décollement et le glissement de zones, parallèles aux courbes de niveau, d'argile graveleuse, saturée d'eau, le long des versants imperméables et en pente que recouvre cette argile. Les franes semblent être le mode de décollement propre aux terrains surtout argileux; les rideaux, le mode de décollement propre aux terrains argilo-graveleux.

Les gradins des vallées cantaliennes que nous avons ici en vue, présentant les mêmes formes topographiques et les mêmes conditions géologiques que les rideaux et les franes, nous proposons de les désigner sous ces vocables. La découverte des rideaux du Cantal est due à M. Gentil et à son élève, M. Alexis Rolland. Les franes n'y avaient pas été signalées jusqu'ici. Elles se forment encore fréquemment sous nos yeux, à la suite de la fonte des neiges. Les rideaux, par contre, semblent remonter dans leur ensemble à une époque plus humide que la nôtre, bien que certains d'entre eux, comme celui de Saint-Martin-sous-Vigouroux, se produisent parfois de nos jours.

Ces faits exposés, nous nous proposons, dans les lignes suivantes, de rechercher les rapports qui peuvent exister, dans le Cantal, entre les rideaux ou franes et les limites des parcelles cultivées et entourées d'une clôture continue que, pour ce motif, nous nommerons *clos*, ou, pour employer l'orthographe locale, *claux*. Pour la rapidité du langage, nous désignerons franes ou rideaux par le terme de *talus*, en rappelant que la direction de ces talus est, ici, grossièrement parallèle aux thalwegs, bien que souvent modifiée par des accidents locaux.

Un claux situé au versant d'une vallée cantalienne à talus montre, en général, les caractères suivants :

Il est bordé, du côté de la ligne de faîte du versant, par le pied d'un talus, et, vers le thalweg, par la crête d'un autre talus. La limite du claux peut ne pas occuper toute la longueur du talus, ce qui démontre l'indépendance du talus vis-à-vis de la limite. Lorsqu'un talus, après avoir partiellement servi de limite à un premier claux, pénètre dans l'aire d'un second, l'homme s'applique à l'aplanir par le labour. Ces faits montrent l'origine naturelle du talus.

Les talus sont complètement embroussaillés ou portent simplement une haie à leur crête. Les arbustes composant broussailles ou haie sont des clématites, vinetiers, érables champêtres, cornouillers, sureaux, fusains, bourdaines, nerpruns, ajoncs, églantiers, prunelliers, néfliers, cognassiers, ronces, aubépines, saules cendrés, etc.

En général, la haie bordière est placée sur un petit tertre qui couronne la crête du talus et a pour origine l'accumulation d'humus produit à la longue par le dépouillement du feuillage caduc des arbrisseaux qui viennent d'être énumérés. Le tertre a pour effet de retenir les eaux de ruissellement chargées de limon; aussi la partie du claux située en bordure de la haie inférieure est-elle la plus fertile.

Nous venons d'examiner les deux limites du claux normales au thalweg. Il nous reste à examiner les deux autres, celles qui, dans l'hypothèse, souvent réalisée, d'un rectangle, sont normales aux lignes de plus grande pente du versant. Ces deux dernières limites sont, elles aussi, formées de haies sur tertre de sorte que rien, à première vue, ne semble les distinguer des précédentes. Mais, à y regarder de près, on s'aperçoit qu'il n'en est pas tout à fait ainsi.

D'abord les haies sont, ici, moins denses, moins fournies. Puis, si l'on examine avec soin le tertre qui les porte, tertre formé lui aussi par la défoliation annuelle, on découvre presque toujours, sous cet humus, un cordon de cailloux, une sorte de mur grossier à pierre sèche.

Le claux ainsi défini forme une aire plane et souvent plate.

Quelle interprétation génétique peut-on donner des faits qui viennent d'être exposés? Nous proposons, comme nous paraissant nécessaire et suffisante, l'hypothèse qui suit :

Lorsque, à la fin du Néolithique ou au cours de l'âge des métaux, les premiers agriculteurs ont occupé le Cantal, ils y ont trouvé, sur les versants à talus, un pays uniformément boisé, embroussaillé, recouvert de gros blocs erratiques ou d'éboulis des pentes.

Leur premier soin a, sans doute, été de débroussailler les surfaces planes, propres au labour ou à la fauchaison. Mais ils ont dû laisser intacte la broussaille des talus, d'abord parce que ces talus étaient impropres à la culture, ensuite parce que cette broussaille formait une défense naturelle contre les hordes d'animaux sauvages et contre le bétail du voisin. Cette interprétation rend compte de l'hétérogénéité du peuplement végétal des haies ou des talus. Si en effet la haie était artificielle, elle serait composée exclusivement des espèces les plus clôturantes, prunelliers ou aubépines, à l'exclusion de toute autre.

Après avoir débroussaillé la place, l'agriculteur a eu à l'épierrer. Or l'idée à dû naturellement lui venir à l'esprit de faire servir l'épierrement à deux fins et de compléter, par un mur à pierre sèche, sur les deux faces non encloses de son champ, la haie que lui fournissait la nature. Et, plus tard, les interstices de ce mur furent envahis, à leur tour, par des arbrisseaux dont les oiseaux ou le vent transportaient jusque-là les graines.

En résumé, les clôtures des champs situés sur les replats des versants à gradins de certaines vallées cantaliennes auraient une origine composite et double.

Les parties de la clôture normales au thalweg seraient des rideaux ou des segments de rideaux, couronnés de haies spontanées. Les parties de la même clôture normales aux lignes de plus grande pente seraient des murs à pierre sèche édifiés par l'agriculteur et envahis par la végétation.

La clôture serait donc naturelle dans le sens horizontal et artificielle dans le sens vertical.

Ainsi le cadastre aurait été partiellement préconditionné par la géologie et il paraît difficile de découvrir un cas où la géographie physique et la géographie humaine concourent plus strictement à un même but final.

ANÉMOMÉTRIE. — *Sur la mesure de la composante verticale de la vitesse du vent à l'aide des moulinets anémométriques.* Note de M. C.-E. **Brazier**, présentée par M. E. Bouty.

Dans les vingt dernières années du XIX^e siècle, on a essayé de mesurer la composante verticale de la vitesse des courants atmosphériques à l'aide de moulinets spéciaux [1] dont le plus employé comportait quatre palettes planes inclinées à 45° et réunies par des bras égaux à un moyeu porté par un pivot vertical.

Quand ce dispositif, auquel on a donné le nom de *clinoanémomètre*, est placé dans le vent naturel, il se met à tourner tantôt dans un sens, tantôt en sens contraire. Comme, par raison de symétrie, il doit rester immobile dans un courant d'air horizontal dont tous les filets sont animés de la même vitesse, il y a lieu de penser que les rotations dans un certain sens, facile à déterminer d'après la disposition des ailettes, correspondent à des mouvements ascendants de l'air, tandis que les rotations inverses sont causées par des mouvements descendants.

Si l'on admet que la vitesse angulaire du clinoanémomètre est proportionnelle à la composante verticale $w$ de la vitesse du vent, il suffit, après avoir déterminé son facteur anémométrique dans un courant d'air de vitesse connue et parallèle à son axe, de compter le nombre de rotations positives et négatives faites en un temps donné par cet appareil pour être en mesure de déduire de leur somme algébrique la valeur moyenne et le signe de la composante verticale des courants aériens pendant cet intervalle. Si, pendant le même temps, on a mesuré la composante horizontale moyenne, $v$, on calcule immédiatement l'inclinaison moyenne de la trajectoire des filets d'air par la formule $\operatorname{tang} i = \frac{w}{v}$.

Des mesures basées sur ce principe ont été faites en diverses contrées et

---

(1) Garrigou-Lagrange, *Ann. Soc. met. de France*, t. 34, 1886, p. 50; t. 35, 1887, p. 124. — P. Marc Dechevrens, *L'inclinaison des vents*, deuxième Note, Zi-Ka-Wei, 1886.

dans des expositions tout à fait différentes. Partout on a trouvé, que, si les hypothèses rappelées ci-dessus sont légitimes, l'air, au lieu de s'écouler horizontalement, serait en moyenne et dans toutes les saisons de l'année animé d'un mouvement ascendant dont la vitesse verticale serait de l'ordre de $0^{m},5$ par seconde.

Ce résultat paradoxal, sur lequel la sagacité des chercheurs paraît s'être exercée sans résultat positif, découragea les expérimentateurs et les observations furent peu à peu abandonnées.

Au cours d'une série de recherches expérimentales sur les moulinets anémométriques, dont les résultats généraux sont en cours d'impression, j'ai été amené à étudier au laboratoire la question de la mesure de la composante verticale des mouvements aériens par le moyen des moulinets anémométriques.

L'expérience m'a montré que la vitesse de rotation du clinoanémomètre, au lieu d'être proportionnelle à la composante verticale de la vitesse du vent, est *proportionnelle à une fraction de cette composante d'autant plus petite que l'inclinaison du vent sur l'horizon est plus faible*. Comme j'ai vérifié qu'en entourant le moulinet d'un cylindre de protection, destiné à canaliser le courant d'air suivant l'axe commun du moulinet et de ce cylindre, les phénomènes conservaient la même allure, je pense que les résultats obtenus forment une base solide sur laquelle on peut s'appuyer pour interpréter les mesures faites avec le clinoanémomètre muni ou non d'un cylindre de garde. Le Tableau ci-dessous permettra de se faire une idée de la manière dont se comporte cet instrument dans un courant d'air de vitesse constante suivant les variations de l'inclinaison de ce dernier sur l'horizon.

| Inclinaison du vent sur l'horizon. | Fraction de la composante verticale indiquée par un moulinet à axe vertical muni de palettes planes inclinées à 45°. |
|---|---|
| ° | |
| 90 | 1,00 |
| 80 | 1,00 |
| 70 | 0,97 |
| 60 | 0,94 |
| 50 | 0,86 |
| 40 | 0,76 |
| 30 | 0,64 |
| 20 | 0,58 |
| 10 | 0,35 |
| 5 | 0,00 |

Il résulte de ce Tableau que les valeurs mesurées à l'aide de ce genre de

moulinets pour la composante ascendante et la composante descendante considérées isolément doivent être de beaucoup inférieures à la réalité. Pour les inclinaisons comprises entre 30° et 40°, le déficit atteint en gros 30 pour 100; il est de 65 pour 100 quand l'inclinaison est de l'ordre de 10°.

La manière dont se comporte le clinoanémomètre dans les courants d'air inclinés permet en outre d'expliquer pourquoi les mesures faites avec cet instrument placé dans le vent naturel tendraient à faire croire que celui-ci est en moyenne animé d'un mouvement ascensionnel.

Le vent naturel est un mouvement complexe de l'air dans lequel les vitesses changent très rapidement de direction et de grandeur. Dire qu'à un certain niveau $z$ le vent a soufflé en moyenne horizontalement pendant le temps $t$, revient à exprimer que la quantité d'air qui a passé de bas en haut à travers une certaine surface horizontale placée en $z$ est égale à celle qui l'a traversée de haut en bas pendant le même temps. Dans ces conditions, si $w_0$ représente la valeur moyenne de la composante ascendante, $w_1$ celle de la composante descendante, on a $w_0 + w_1 = 0$, condition qu'implique d'ailleurs la constance de la pression atmosphérique moyenne. Mais comme la vitesse du vent croît très rapidement avec la hauteur dans les couches d'air voisines du sol, les remous ascendants ont en moyenne une vitesse horizontale plus petite que celle des remous descendants. Il s'ensuit que l'inclinaison moyenne des courants ascendants est supérieure à celle des courants descendants.

Dans ces conditions, puisque la fraction de la composante verticale des mouvements aériens mesurée par le clinoanémomètre est d'autant plus grande que l'inclinaison du vent sur l'horizon est elle-même plus grande, ce dispositif, placé dans le vent naturel, indiquera, même si la condition $w_0 + w_1 = 0$ est réalisée, une prépondérance apparente des courants ascendants d'autant plus marquée que les remous animés de mouvements à composante verticale seront plus nombreux et que l'accroissement de la vitesse du vent avec la hauteur sera plus accusé.

Il semble donc qu'il n'y a pas lieu de chercher à expliquer par des considérations plus ou moins hypothétiques le résultat paradoxal qu'a fourni l'emploi du clinoanémomètre, tant que des observations faites par un procédé plus précis ne seront pas venues confirmer la réalité physique d'un fait qui pourrait bien être une simple apparence attribuable aux causes qui viennent d'être signalées.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action de l'oxygène sur les moûts de raisins rouges.* Note de MM. **André Piédallu**, **Philippe Malvezin** et **Lucien Grandchamp**, présentée par M. L. Maquenne.

MM. Bouffard et Semichon ont signalé l'action de l'air sur la matière colorante des moûts rosés (*Revue de Viticulture*, 2 décembre 1899).

Nous avons étudié cet automne l'action de l'oxygène pur finement diffusé, sur les moûts de raisins rouges, avec la collaboration de MM. Vezin, en Loir-et-Cher, et Reboul, dans l'Hérault.

Le matériel dont nous nous sommes servis est composé, comme nous l'avons indiqué dans notre Note sur la casse ferrique [1], d'un cylindre contenant de l'oxygène comprimé à $150^{atm}$ et d'un manodétendeur réglable muni d'un tube en caoutchouc à vide terminé par une bougie en porcelaine dégourdie; nos essais ont porté sur des moûts d'Aramon, de Gamay et de Cot, en fûts.

Les résultats ayant été sensiblement les mêmes, nous décrirons seulement une expérience type de démonstration sur moût de Gamay :

Le moût frais est placé dans un cristallisoir de verre profond pour pouvoir facilement suivre la marche de la réaction.

L'oxygène détendu à $4^{kg}$ passe à travers la paroi poreuse de la bougie et diffuse en fines bulles dans la masse du moût.

Celui-ci, qui présentait la coloration normale d'un moût de raisin rouge corsé, brunit peu à peu sous l'influence de l'oxydation énergique due à l'extrême division de l'oxygène pur, pour devenir tout à fait brun, comme dans le cas de « casse oxydasique galopante ». L'œnocyanine et les tannoïdes colorants peroxydés précipitent, pendant que le liquide se décolore et, si l'on filtre à ce moment, on recueille un filtrat doré, à peine rosé.

Comme l'a également signalé Zenghelis [2], les gaz finement divisés par leur passage à travers une membrane poreuse agissent comme s'ils étaient à l'état naissant et leur action est ainsi considérablement augmentée, ce qui explique ici la rapidité et l'intensité de la réaction.

*En résumé*, les moûts de raisins rouges, très employés en Champagne et dans différentes régions de la France, peuvent être vinifiés en blancs ou en rosés par la simple intervention de l'oxygène pur extrêmement divisé par

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1129.
(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 883.

diffusion à travers une paroi poreuse et sans l'intervention d'aucun décolorant chimique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la photosynthèse chez les Algues Floridées.* Note de M. **René Wurmser** et M^me **J. Duclaux**, présentée par M. Henneguy.

Il semble (¹) que le pigment rouge des Algues intervienne dans l'assimilation chlorophyllienne de façon tout à fait analogue au pourpre rétinien dans la vision crépusculaire. Or plusieurs algologues (Berthold, Oltmanns, Sauvageau) ont fait remarquer que les Floridées, qui vivent normalement près de la surface de l'eau, sont d'autantplus vertes qu'elles sont plus éclairées; en outre, les espèces qui ont une teinte rouge sombre, à leur niveau profond normal, verdissent notablement quand elles s'égarent à un niveau plus élevé. Par contre, on sait que diverses Cyanophycées rougissent quand elles vivent à une certaine profondeur. Il nous a paru intéressant de chercher à établir quelques relations biochimiques entre ces formes.

Nos expériences ont porté sur deux espèces, *Chondrus crispus* et *Rhodymenia palmata,* qui nous ont été indiquées par M. Sauvageau comme convenant particulièrement à notre recherche. Des individus d'âge comparable, récoltés en place pendant une même marée à Roscoff, étaient simultanément mis en expérience; nous choisissions les plus rouges dans la zone de l'*Himanthalia lorea,* au voisinage des Laminaires, et les plus verts parmi les *Fucus serratus*. Nous avons d'abord déterminé les vitesses d'assimilation de surfaces rigoureusement égales pour les sortes de *Rhodymenia* et aussi identiques que possible pour celles de *Chondrus*. Notre méthode a consisté à suivre, selon la technique d'Osterhout et Haas, l'augmentation d'alcalinité de l'eau de mer additionnée de phénolphtaléine. Les mesures étaient effectuées en exposant en même temps, dans les mêmes conditions d'éclairement et de température, les thalles à comparer. Le Tableau suivant donne, en valeurs relatives, les vitesses d'assimilation; il montre que les individus riches en phycoérythrine assimilent toujours plus énergiquement que ceux qui en sont pauvres.

(¹) René Wurmser, *Action des radiations de différentes longueurs d'onde sur l'assimilation chlorophyllienne* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 820).

| *Rhodymenia palmata.* | | *Chondrus crispus.* | |
|---|---|---|---|
| Variété rouge. | Variété verte. | Variété rouge. | Variété verte. |
| 100 | 43 | 100 | 17,8 |
| 100 | 27 | 100 | 25 |
| 100 | 25 | 100 | 20 |
| 100 | 57 | 100 | 33 |
| 100 | 33 | 100 | 33 |
| 100 | 15 | | |

Parallèlement à ces mesures nous avons effectué le dosage de la chlorophylle et des lipochromes (carotine + xanthophylle) en simplifiant le procédé de Willstätter et Stoll. On broie dans un mortier le fragment de thalle à étudier avec une petite quantité d'acétone à 40 pour 100 ($10^{cm^3}$ pour une surface de $3^{cm^2}$). On lave la pulpe avec de l'acétone à 35 pour 100 sur un filtre ordinaire. On reprend alors le résidu avec de l'acétone à 90 pour 100 jusqu'à épuisement de la pulpe, en employant environ $15^{cm^3}$; on termine en lavant avec un peu d'éther. La solution acétonique est mélangée avec deux fois son volume d'éther et quelques gouttes d'eau dans un petit entonnoir à boule. L'éther contenant les pigments se sépare de l'acétone qu'on élimine par lavage à l'eau distillée. On détermine sur la solution éthérée, dans la région rouge ($\lambda = 670^{m\mu}$) où les lipochromes n'ont pas de bande, l'absorption due à la chlorophylle. On traite alors cette solution avec de la potasse en solution concentrée dans l'alcool méthylique; les groupements éthers de la chlorophylle sont saponifiés; il se forme un sel tripotassique de chlorophylline soluble dans l'eau. On sépare la couche méthylique et l'on extrait par l'éther la petite quantité de xanthophylle qui y est dissoute et que l'on réunit au reste de l'éther. Cet éther qui contient la totalité des lipochromes est lavé à l'eau distillée et au besoin saponifié à nouveau jusqu'à ce qu'il ne présente plus la bande ($\lambda = 670^{m\mu}$) de la chlorophylle. On fait alors une seconde mesure spectrophotométrique, cette fois à $\lambda = 450^{m\mu}$; l'absorption est due à la somme carotine + xanthophylle [1].

| | *Rhodymenia palmata.* | | *Chondrus crispus.* | |
|---|---|---|---|---|
| | Variété rouge. | Variété verte. | Variété rouge. | Variété verte. |
| Chlorophylle .......... | 1,04 | 0,54 | 1,63 | 0,44 |
| Lipochromes .......... | 1,20 | 1,23 | 1,43 | 1,36 |

[1] La possibilité de ce dosage en bloc résulte de l'extrême analogie des spectres d'absorption des deux lipochromes.

Les individus rouges renferment donc plus de chlorophylle que les verts et ont sensiblement la même teneur en lipochromes. Le rapport $\frac{\text{chlorophylle}}{\text{lipochromes}}$ est anormalement abaissé chez les individus pauvres en phycoérythrine. Il semble y avoir là un simple effet photochimique. Le pigment rouge est détruit par la lumière vive; il s'établit un nouveau régime entre la vitesse de destruction et la vitesse de reconstitution de la chlorophylle; les lipochromes plus stables et protégés surtout par la chlorophylle et ses produits d'oxydation conservent sensiblement leur taux initial.

Les formes vertes sont donc chimiquement anormales et n'ont qu'un faible pouvoir assimilateur. Ces faits confirment que la phycoérythrine caractérise les formes dont les échanges physiologiques normaux ont lieu à l'abri d'une lumière intense. De même le pourpre, qui manque chez les Oiseaux de jour, existe dans la rétine des Oiseaux nocturnes.

OCÉANOGRAPHIE. — *Recherches biogéographiques sur la zone des marées à l'île de Ré.* Note de M. **P. de Beauchamp**, présentée par M. L. Mangin.

Comme suite aux recherches que je poursuis depuis plusieurs années ([1]) sur la faune et la flore intercotidales le long de nos côtes, j'ai étudié cette année l'île de Ré, qui fait partie du littoral calcaire de Saintonge, mais n'est pas loin du littoral granitique de Vendée, avec lequel j'espère établir une comparaison dans une publication détaillée. Je me borne ici à indiquer les caractères et l'extension des associations principales.

L'île de Ré, étirée de l'W-NW à l'E-SE, présente sur ses deux faces, longues d'environ $28^{km}$, des côtes très peu découpées, formées de calcaires jurassiques en strates très peu inclinées en général et démantelées par les eaux. Il en résulte que la zone des marées se présente comme un immense plateau à peine incliné et coupé de place en place de banquettes basses par les tranches des strates brisées, le plus souvent parallèles à la côte. Cette disposition, utilisée pour la construction d'« écluses à poissons » qui la garnissent, est typique dans la partie ouest de la côte Sud, de la Pointe des Baleines à la Pointe de Chanchardon, où la largeur de la zone atteint $2^{km}$. Ce plateau, qui se prolonge au loin sous les eaux, protège le littoral tourné vers le large contre l'action directe des vagues, si bien que celui-ci appartient en réalité au mode abrité. Les biotes d'eau agitée y sont fort rares et ne se trouvent qu'aux points extrêmes, appartenant déjà à la zone IV (Laminaires), mais un manteau luxuriant de

([1]) P. de Beauchamp, *Les Grèves de Roscoff*, Paris, L. Lhomme; voir aussi *Bull. Soc. zoolog. de France*, t. 39; *Mémoires*, *ibid.*, t. 26, etc.

Fucacées le recouvre dans toute son étendue. Leur succession est normale (¹). Pourtant *Pelvetia canaliculata* ne se trouve que sporadiquement, et *Ascophyllum nodosum* n'est pas abondant partout. *Himanthalia lorea*, qu'on trouve parfois en épaves, manque totalement dans la zone des marées comme dans toute cette partie de nos côtes, et *Chorda filum* est elle-même très localisée. Les Chthamales sont bien entendu peu abondants, sauf sur les murs des écluses, où s'installent aussi par places les Huîtres portugaises cultivées dans le voisinage. Les Hermelles (*Sabellaria alveolata*) existent partout, mêlées aux Fucus, en mince vernis sur la roche, mais ne forment d'encroûtements massifs qu'en certains points ensablés et plus battus, grâce à la moindre largeur du plateau (la Couarde, Sainte-Marie). Dans les mêmes points, mais encore plus localisé, on observe *au-dessous* d'elles un revêtement de Molgules, bien connu entre autres dans le Boulonnais. Parmi les Laminaires, *L. saccharina* et *Saccorhiza bulbosa* sont seules bien développées à peu près partout; de nombreuses Floridées, que j'énumérerai ailleurs, les accompagnent, bien entendu.

Un autre groupe de Floridées peuple également les cuvettes très plates formées par le dessus d'une strate et le ressaut de la suivante, mêlé aux Cystosires dont certaines remontent dans les plus élevées avec *Padina pavonia* et se mêlent aux Ulvacées. Très peu de Mélobésiées encroûtantes, mais des touffes de *Junia rubens* développées en boules autour des autres Algues. Ces cuvettes renferment presque toujours une couche de sable où s'implantent les herbiers, facteur biologique important. Ils ne manquent sur la côte Sud qu'entre le Bois et Sainte-Marie et sont particulièrement développés à la pointe de Chanchardon, ou les dépôts vaseux liés à l'abondance des parcs à Huîtres, sans avoir encore une faune aussi riche que sur la côte Nord. Ils remontent relativement très haut, 2$^{m}$,50 environ. *Zostera nana* est sporadiquement mélangée à *Z. marina* surtout aux points vaseux et ne forme pas les herbiers séparés si caractéristiques en d'autres points de notre littoral.

La richesse de la faune est loin sur cette partie de la côte d'être en proportion de celle de la flore : la roche n'offre que de médiocres abris sauf aux Mollusques saxicaves qui la perforent. Les encroûtements d'Ascidies montrent presque toutes les espèces de *Circinalium, Morchellium, Aplidium, Fragarium, Amaroncium, Leptoclinum, Botryllus* et de divers Cynthiadés, communes sur les côtes bretonnes, mais ici peu exubérantes; les plus abondantes sont *Leptoclinum maculatum* et *L. gelatinosum*. Comme Anthozoaires, en plus des formes absolument banales, *Bunodes Balli* partout dans les cuvettes, *Aiptasia erythrochila* dans les déversoirs d'écluses, *Zoanthus sulcatus* sur la surface ensablée des strates. L'Oursin, *Paracentrotus lividus*, est sporadique et en très petits échantillons. Parmi les animaux errants, très peu abondants, on ne mentionnera ici que les espèces communes de Brachyoures et surtout de Porcellanes. Quant à la faune fouisseuse, elle n'est bien développée sur la côte Sud que

(¹) Il est intéressant de fixer, par rapport à la hauteur totale de la zone des marées qui n'atteint pas tout à fait 7$^{m}$ à Ré, la hauteur maxima atteinte par les diverses associations. J'ai pu constater que les *Fucus platycarpus* les plus hauts se trouvaient à 4$^{m}$,90 au-dessus du zéro des Cartes marines, sur la côte Sud et sur la côte Nord (un peu plus en un point du port de Saint-Martin), et que les Laminaires atteignent environ 0$^{m}$,80 (un peu plus à la pointe du Lizay).

dans l'anse du Martrais, en grande partie sableuse, où les associations banales de Lamellibranches et d'Annélides se mêlent de quelques autres éléments (*Philine aperta*, *Natica catena*, *Portunus holsatus*, *Cylista undata*); c'est là aussi que les Torpilles se pêchent en abondance.

La côte Nord diffère fort peu de la précédente quant aux faciès rocheux. Aux pointes des Baleines et surtout du Lizay, des calcaires à strates plus inclinées créent des surplombs qui permettent, dans les zones III et IV, un beau développement de Floridées, Eponges et Bryozoaires; les Zostères manquent en ce point, un peu plus battu. D'autre part, dans la région de Loix, un enrichissement manifeste de la faune, surtout n Ascidies, s'observe grâce au voisinage des grands herbiers, et certaines formes, emême d'Algues, rares au Sud, y prennent une abondance caractéristique. Mais le fait intéressant est la présence de deux grandes baies qui la creusent : celle du Fier, presque entièrement fermée et en partie comblée à la périphérie par les alluvions, est remplie par un mélange de sable et de sable vaseux qui ne porte que près de l'entrée des herbiers comme ceux dont nous allons parler. On doit signaler en son milieu l'abondance extraordinaire des Cérianthes (*C. membranaceus*) et des Bulles (*Haminea hydatis*). En dehors, au Nord de la passe, un immense épi sableux, le banc des Portes, offre près de sa base une faune fouisseuse riche et variée, et plusieurs moulières (1). La seconde baie, celle de Loix, ouverte largement vers le continent de la pointe du même nom à Saint-Martin et même à La Flotte, est envahie au contraire par une vase très fine, de couleur claire, extrêmement molle aux niveaux supérieurs. Plus bas, et mélangée au sable, elle permet l'enracinement d'immenses herbiers à faune caractéristique très riche en espèces et surtout en individus. On y note surtout *Ophiothrix fragilis*, *Phascolosoma elongatum*, *Melinna palmata*, *Sabella pavonina*, *Pecten varius*, *Inachus dorhynchus*, *Ascidia mentula*, *Ciona intestinalis* et les Ascidies composées déjà citées, plus développées qu'ailleurs, sur les Algues encroûtées de vase et d'épiphytes; les Eponges y sont aussi d'une abondance extraordinaire et les parcs à Huîtres y ont été établis en grand nombre pour profiter de ces conditions.

En somme, les côtes de l'île de Ré nous offrent, au point de vue chorologique, un bios peu différent de celui des côtes bretonnes de la Manche dans la composition des associations et la façon dont elles se présentent : les Algues et Ascidies caractéristiques y sont sensiblement les mêmes et

(1) Les moulières de Ré sont toutes sur fond de vase, mais dans des conditions analogues à celles de ce point, aux entrées des baies où il y a à la fois envasement et mouvement assez violent des eaux. Celles de la pointe de Chauveau, en face La Rochelle, qui sont les plus développées, envahissent seules par endroits les murs des écluses à Poissons en se mêlant aux Huîtres portugaises abondantes en ce point. Tout près de là, les piliers en ciment de l'appartement de Sablanceaux sont couverts d'un encroûtement épais de Moules, Balanes, Bryozoaires, Hydraires, Actinies, où s'observent des espèces qui manquent partout ailleurs dans l'île, ce qui montre bien l'importance d'un substratum abrité de la lumière offert aux organismes en un point où les courants sont violents.

n'ont point encore les particularités des côtes basques. Par contre, d'autres espèces appartiennent à un type plus méridional qui atteint à peine, en général, la pointe du Finistère : les divers Anthozoaires cités, les Crabes *Pachygrapsus marmoratus* et *Eriphia spinifrens*, etc. Au point de vue éthologique, ces côtes appartiennent presque en totalité au mode abrité et sont peu riches en animaux fixés et surtout errants, vu sans doute la nature et les formes de la roche, sauf aux points où s'observe l'enrichissement dû aux apports de vase terrigène, et aux grands herbiers qui en sont la conséquence, enrichissement sur lequel j'ai insisté autrefois à Roscoff.

PHYSIOLOGIE. — *Mécanisme de l'action de la morphine sur la coagulabilité du sang*. Note de M. **Doyon**.

I. La morphine provoque l'incoagulabilité du sang par un mécanisme identique à celui qui caractérise la peptone. J'ai déjà montré que l'atropine provoque l'incoagulabilité par le même mécanisme. Il est intéressant de rapprocher l'action de substances si dissemblables.

II. La morphine est inactive *in vitro*. Injectée dans une veine mésaraïque, chez le chien, elle provoque l'incoagulabilité du sang circulant pendant un temps qui ne dépasse pas deux à trois heures. Pendant cette phase le sang circulant, recueilli, est capable d'empêcher, *in vitro*, le sang normal d'un sujet neuf de coaguler. Cette propriété est due à la présence dans le plasma d'une nucléoprotéine sécrétée par l'organisme sous l'influence de la morphine, principalement par le foie. Il est facile d'isoler la substance active en suivant le procédé que j'ai donné, à propos de la peptone, avec A. Morel et A. Policard.

III. *Expérience*. — Chien de $38^{kg}$, âgé de 10 à 15 ans, à jeun depuis la veille. A $9^h 35^m$, injection dans une mésaraïque de $37^{cm^3}$ d'une solution à 1 pour 100 de chlorhydrate de morphine. Sept minutes après on prélève par une carotide un petit échantillon de sang A et $300^{cm^3}$ de sang. A $5^h$, on prélève un dernier échantillon de sang. A ce moment, la phase d'incoagulabilité du sang circulant est terminée, la coagulation de ce dernier échantillon est à peu près instantanée. Le chien est sacrifié. A l'autopsie, on constate que l'intestin grêle est très congestionné et présente des hémorragies absolument comparables à celles qu'on observe à la suite des injections de peptone.

L'échantillon A était encore en partie liquide le lendemain. Il en était de même d'un mélange, à parties égales, de cet échantillon et de sang normal prélevé sur un chien neuf.

Les $300^{cm^3}$ de sang ont été soumis, immédiatement après la prise, à la centrifugation; le plasma a été chauffé pendant 30 minutes au bain-marie bouillant. Les albu-

minoïdes ont été séparés par la centrifugation; le liquide, légèrement acidifié par l'acide acétique à 10 pour 100, a été chauffé pendant 10 minutes au bain-marie bouillant. Le précipité formé a été isolé par la centrifugation et lavé à l'eau distillée. Une partie de ce précipité a été utilisée pour un dosage de phosphore; j'ai trouvé 2,6 pour 100 de phosphore. Le reste du précipité a été dissous dans $10^{cm^3}$ d'une solution alcaline faible (eau distillée 1000, chlorure de sodium 4, carbonate de soude 5), au bain-marie, puis additionné de $10^g$ de sang recueilli directement de la carotide d'un chien. Le mélange n'a pas coagulé. Le soir, les globules n'étaient pas altérés. Pas trace de fibrine, même le surlendemain. Pas d'hémolyse.

IV. Pour provoquer l'incoagulabilité du sang, la morphine doit être injectée dans une mésaraïque. Une petite dose doit suffire. J'ai obtenu un résultat très net en injectant $3^{cm^3}$ d'une solution à 1 pour 100 de chlorure de morphine à un chien de $29^{kg}$. On rencontre des chiens réfractaires. Il m'a paru que les vieux chiens étaient plus sensibles que les jeunes. Le lapin paraît réfractaire. L'injection dans une veine de la circulation générale (saphène) est, soit absolument inefficace, soit très peu efficace.

V. L'incoagulabilité du sang est généralement accompagnée d'une baisse très sensible de la pression artérielle, mais il n'y a pas entre les deux phénomènes une dépendance étroite. On peut observer la baisse de la pression sans l'incoagulabilité (après l'injection dans la saphène, par exemple).

VI. La codéine peut provoquer l'incoagulabilité dans les mêmes conditions que la morphine, mais le fait est très exceptionnel. La plupart des chiens sont réfractaires.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La méthode de la radiopiqûre microscopique; moyen d'analyse en cytologie expérimentale.* Note de M. **Serge Tchahotine**, présentée par M. Roux.

L'analyse expérimentale des phénomènes vitaux cellulaires préoccupe de plus en plus les physiologistes, les embryogénistes, les bactériologistes, les médecins. Elle peut avoir comme objet une masse homogène de cellules, par exemple une culture microbienne, les globules du sang, la levure, les œufs, etc., ou bien une cellule isolée, par exemple un œuf. Dans ce dernier cas ce sont les réactions immédiates de la cellule vivisectionnée qu'on observe. Mais vu l'extrême petitesse de l'objet, l'expérimentation dans ce cas offre des difficultés considérables. On connaît plusieurs méthodes de vivisection cellulaire, parmi lesquelles on pourrait citer celles de W. Roux, de Bataillon, de Chabry, de Chambers et autres. La plupart de ces méthodes, pratiquant

une lésion mécanique, ne pouvaient pas être assez précises pour permettre une localisation de la lésion expérimentale et surtout elles ne permettaient pas une vivisection intracellulare; enfin leur exécution était relativement brutale et difficile, et exigeait une grande habileté manuelle.

Depuis 1912 (1) je me suis efforcé de trouver un moyen de vivisection sur la cellule isolée plus délicat, plus précis et plus maniable. Dans ce but je conçus l'idée d'appliquer comme agent opératoire un dard plutôt immatériel : un faisceau extrêmement mince de rayons ultraviolets, qui, comme on le sait depuis les récentes recherches de Hertel, V. Henri et autres, ont un grand pouvoir mortifiant envers la matière vivante.

Pour l'obtention des rayons ultraviolets, je me sers de la disposition de Köhler (2) et de Kertel (3) : étincelle entre les électrodes de magnésium, lentille et prismes en quartz. Pour avoir le faisceau ultraviolet microscopique de la longueur d'onde de $280^{\mu\mu}$, qui ne devrait pas dépasser en diamètre $5^{\mu}$ (grandeur d'un noyau d'œuf d'oursin), je mets entre le microscope et les prismes un système optique en quartz et une fente fine réglable; dans la douille de l'appareil Abbe est placé un objectif en quartz renversé; par cette disposition, j'obtiens dans le plan de la préparation une image réelle microscopique ultraviolette de la source lumineuse délimitée par la fente. A cause de l'invisibilité des rayons ultraviolets, l'image microscopique va être mise au point au moyen d'une préparation, contenant une solution de fluorescéine. Pour indiquer le point du champ visuel, où passe le faisceau ultraviolet, qui me sert pour la piqûre, j'emploie un oculaire-indicateur, dont l'aiguille est mise en contact de l'image fluorescente. En faisant passer aussitôt, au moyen de mouvements micrométriques de la platine du microscope, l'image de l'œuf à opérer sous la pointe de l'aiguille de l'oculaire, on localise la piqûre ultraviolette. Ainsi, on peut la faire agir sur le noyau seul de la cellule, sur le centrosome, puis dans un point voulu du cytoplasme, sur diverses parties distinctes de celui-ci, sur la périphérie de l'œuf, etc. La mise au point et la coïncidence avec la pointe de l'aiguille est faite avec la lumière visible d'une lampe à gaz, placée de l'autre côté des prismes.

Pour le transport des œufs isolés avant et après l'opération, je me sers d'une micropipette capillaire, qui permet des mouvements d'aspiration et d'expulsion très fins et réglables par moyen de la chaleur des doigts, qui la

(1) Tchahotine, *Biolog. Centralbl.*, t. 32, 1912, p. 624.

(2) Kohler, *Z. f. wiss. Mikr.*, 1904.

(3) Kertel, *Z. f. allgem. Physiol.*, 1904, 1905.

tiennent. Pour conserver les œufs après l'opération en état de survie et pour pouvoir les observer à chaque moment voulu, j'ai construit deux modèles de chambres postopératoires, qui permettent une circulation continue d'eau fraîche et qui garantissent l'égalité des conditions extérieures de tous les œufs opérés et les œufs témoins.

Enfin, déjà les premières expériences me montrèrent qu'il y avait encore le problème de la localisation élective photochimique à résoudre : les rayons ultraviolets ont une forte action destructive sur le cytoplasme et surtout sur la couche plasmatique superficielle, dont la perméabilité est tellement accrue par ce traitement, qu'il s'ensuit une pénétration des ions nocifs de l'extérieur dans la cellule, qui y provoquent la cytolyse. Il fallait trouver un moyen de solidifier la couche en question, de la rendre pour un certain délai de temps insensible aux rayons ultraviolets; ceux-ci, étant absorbés, comme on le sait depuis les recherches de Köhler (¹), plus fortement par le noyau, devraient agir alors électivement sur ce dernier. Pour solidifier la couche superficielle plasmatique j'ai eu recours au fait connu de l'influence de divers ions du milieu ambiant sur la perméabilité (²) de cette couche : les expériences me montrèrent que, tandis que K et Na ont un pouvoir de la rendre plus sensible aux rayons ultraviolets, les ions Ca, au contraire, la solidifient dans une solution légèrement hypertonique. Le procédé, qui s'est montré comme le meilleur, était donc d'opérer les œufs dans l'eau de mer légèrement hypertonique et additionnée d'un certain excès de $CaCl^2$. Pour éliminer l'action des rayons sur le cytoplasme entre le noyau et la superficie, je comprimais l'œuf, en diminuant l'épaisseur de la couche plasmatique.

Dans ces conditions on est en état de radiopiquer le noyau seul de l'œuf. C'est surtout évident dans l'expérience suivante : dans un œuf au stade de deux blastomères on radiopique le noyau de l'un d'eux : ce blastomère s'arrête alors momentanément au même stade de développement; celui d'à côté se développe normalement et synchroniquement à l'œuf témoin et à l'œuf dont la couche superficielle ou le cytoplasme seul sont piqués.

Le but poursuivi, c'est-à-dire de léser le noyau seul à l'intérieur de la cellule, est atteint; ce résultat a une importance pour les recherches expérimentales sur la fécondation, la parthénogenèse, la mérogonie, l'hybridisation, et l'hérédité, etc. J'espère qu'il sera possible d'attaquer un grand chromosome. En radiopiquant la superficie plasmatique seule de l'œuf j'ai

---

(¹) Kohler, *loc. cit.*

(²) R. Lillie, Herlant, J. Loeb et autres.

réussi à localiser sur ce point le changement de sa perméabilité : ceci ouvre des perspectives dans la recherche du mécanisme de la fécondation et d'une série des questions sur la physiologie de la cellule. En mettant la cellule radiopiquée à la périphérie dans une solution qui, normalement, ne pénètre pas dans son intérieur, on arrive à la faire entrer par le point piqué. On a ainsi le moyen d'imprégner chimiquement ou d'injecter électivement une cellule dans un complexe pluricellulaire.

Une série de recherches, que je poursuis actuellement, me permet d'espérer que la méthode permettra en outre de souder deux, ou plus, cellules ensemble, de tirer le noyau au dehors, de couper la cellule dans des directions voulues, de provoquer à l'intérieur de la cellule des réactions microphotochimiques localisées. Enfin la méthode permet encore de localiser dans les cellules des irritations chimiques et photochimiques, ce qui pourra donner une base aux recherches expérimentales sur les réactions réflexes, surtout chez les êtres unicellulaires.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la nature du bactériophage de d'Herelle.* Note (¹) de M. A. SALIMBENI, présentée par M. E. Roux.

Quand on mélange dans un tube de bouillon quelques gouttes d'une forte émulsion de bacille de Shiga avec un filtrat renfermant le bactériophage de d'Herelle (²), on constate après un séjour de deux à trois heures à l'étuve à 37° que le trouble est fortement augmenté; mais plus tard le trouble diminue et bientôt, au bout de cinq à six heures, le bouillon redevient parfaitement clair. Les ensemencements sur gélose du mélange faits à différents moments, au cours de l'expérience, restent souvent stériles, ou donnent quelques rares colonies isolées, qui, repiquées, ne donnent aucun développement.

Transportées dans le bouillon elles ne cultivent pas; une trace de ces colonies prélevées avec un fil de platine lyse une nouvelle émulsion de Shiga : la lyse peut d'ailleurs être produite en série soit avec une émulsion lysée, soit avec le liquide de lavage de la surface de la gélose restée apparemment stérile, filtrés ou non filtrés. Voilà en quelques mots les faits fort intéressants mis en valeur par d'Herelle. N'ayant pas remarqué à l'examen microscopique la présence d'un germe visible pouvant justifier les phéno-

(¹) Séance du 6 décembre 1920.
(²) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 373.

mènes observés, se fiant à l'apparence parfaitement claire du bouillon après la lyse et, surtout, à la persistance de l'action lysante après filtration de ce même bouillon, d'Herelle a admis l'existence d'un microbe invisible pour expliquer les faits que nous venons d'exposer.

Kabeshima, en reprenant les expériences avec le matériel que d'Herelle lui-même avait mis à sa disposition, confirme les résultats de cet auteur; mais il arrive, quant à la nature du phénomène, à des conclusions tout à fait différentes. Pour Kabeshima (¹) il ne s'agit nullement d'un microbe invisible, mais d'un proferment (produit par les cellules de l'organisme infecté) capable de libérer une diastase lysante contenue dans le corps du microbe de Shiga lui-même, ce qui expliquerait, d'après lui, la lyse en série.

Le problème ainsi posé par d'Herelle et Kabeshima n'était certes pas facile à résoudre, car aussi bien dans l'hypothèse d'un microbe invisible que dans celle de l'action d'une diastase, on se trouvait dans l'impossibilité d'avoir recours à l'observation directe pour baser sur des faits tangibles et solidement établis la véritable nature du phénomène.

L'observation directe cependant va nous montrer qu'il ne s'agit nullement d'un microbe invisible et encore moins de l'action d'un ferment non figuré ; il s'agit tout simplement d'un microorganisme qui présente, suivant les conditions dans lesquelles il se développe, un pléomorphisme considérable; dont les spores passent à travers un filtre de porcelaine et ne germent qu'en présence d'une bactérie associée; dont certaines formes végétatives peuvent, dans des conditions particulièrement favorables, atteindre de telles dimensions qu'elles deviennent visibles à l'œil nu, et que, dans d'autres conditions enfin, ce même organisme pousse à la surface de la gélose en donnant la forme parfaite d'un champignon dont les colonies rondes de $3^{mm}$ à $4^{mm}$ de diamètre sont très adhérentes au milieu, et dont le centre, en 10 à 15 jours, se couvre de fructifications sous la forme d'un fin duvet blanc.

Voici en quelques mots ce que l'on constate, soit en suivant directement la lyse au microscope dans une cellule de van Tieghem, soit sur des préparations faites au cours de la lyse, en fixant, après dessiccation, et en colorant convenablement les cultures en goutte pendante (²).

Les spores renfermées en grandes quantités dans le liquide filtré, mises

(¹) *C. R. Soc. de Biol.*, 17 avril 1920.

(²) Méthodes de Giemsa, Heidenhain, Mann modifiées par Chatton.

en présence du bacille de Shiga, germent et mettent en liberté de petites masses protoplasmiques qui restent pendant quelque temps adhérentes aux membranes déccirées des spores. On observe, souvent, surtout à l'examen *in vivo*, la germination de la spore au contact direct d'une bactérie à laquelle la masse protoplasmique reste plus ou moins longtemps attachée.

Une fois libres, ces masses protoplasmiques grossissent, présentent une vacuole centrale, rarement deux; émettent des pseudopodes tantôt extrêmement minces, tantôt en doigt de gant, et se déplacent très lentement par des mouvements de reptation. Il est alors facile de reconnaître qu'on a affaire à de véritables myxamibes. On observe en même temps des formes de division, chaque amibe donnant deux individus égaux. Les bacilles de Shiga s'agglutinent autour des myxamibes qu'on aperçoit à peine au milieu des amas microbiens; ils deviennent granuleux, ils se colorent de plus en plus faiblement et finissent par se dissoudre complètement à partir de la quatrième heure après le début de l'expérience. Ce n'est que vers la sixième heure, alors que la plupart des bactéries sont dissoutes, qu'on remarque, dans les vacuoles des myxamibes considérablement grossies, des bactéries en voie de digestion. Plus tard, au moment où le milieu commence à être épuisé, les myxamibes présentent des vacuoles plus nombreuses, se rapprochent, se soudent entre elles, émettent des filaments et édifient des fructifications.

Pour bien observer les faits que nous venons de décrire il faut ajouter à $10^{cm^3}$ d'une faible émulsion de Shiga une forte boucle ($3^{mm}$) d'un lysat filtré. Quand on emploie dans les mêmes proportions un lysat non filtré, les formes végétatives qui se trouvent dans celui-ci en très grand nombre continuent à évoluer et on les rencontre en grande quantité dès le début de l'expérience.

Nos recherches ont été faites sur un lysat filtré obligeamment mis à notre disposition par d'Herelle, et portant la date 10 août 1919, et sur un filtrat actif que nous avons obtenu des excréments d'un cobaye. Dans les deux cas nous avons rencontré le même micro-organisme. Quant à la nature de celui-ci, par le fait qu'il est caractérisé par un thalle dissocié (myxamibes) non revêtu d'une membrane cellulosique dans la période végétative de son développement, nous pouvons dès à présent le rapprocher des thallophytes champignons, ordre des Myxomycètes créé par De Bary. Des recherches ultérieures nous diront si sa place est marquée dans un des groupes actuellement connus : en attendant, nous proposons de l'appeler, au moins provisoirement, *Myxomyces shigaphagus*.

MICROBIOLOGIE. — *Culture des spirochètes buccaux favorisée par quelques bactéries*. Note de M. **P. Séguin**, présentée par M. Roux.

Peu d'auteurs ont réussi à cultiver des spirochètes buccaux (Mülhens, Noguchi, Schmamine, Repaci, Ozaki, Mme Lounkevitch). Nos recherches nous permettent d'affirmer que, s'il est fort difficile d'obtenir et surtout de conserver ces organismes en culture pure, il est, par contre, relativement aisé de les cultiver en association avec d'autres microbes de la bouche. Ainsi nous conservons, depuis plus d'un an et demi, des cultures riches en spirochètes buccaux, et dans lesquelles ces organismes vivent associés à diverses bactéries.

Parmi les germes qui facilitent la culture des spirochètes, citons le bacille fusiforme, le *Staphylococcus parvulus*, le *Staphylococcus albus*, le *Streptococcus viridis*, le *B. pyocyaneus*, le *B. subtilis*, etc. A plusieurs reprises, nous avons séparé le *Sp. dentium*, déjà cultivé par Mülhens, Noguchi, Schmamine. Mais nous n'avons pas réussi, jusqu'à ce jour, à conserver cet organisme. Après deux ou trois repiquages, nos cultures pures s'appauvrissaient, devenaient misérables, et, si nous n'avions pas soin d'assurer leur survie en les contaminant avec une bactérie favorisante, elles se trouvaient rapidement et définitivement perdues.

Cependant, nous avons réussi récemment à obtenir, à l'état de pureté, une souche vivace de *Sp. dentium*. Mais il ne nous a pas fallu moins de trente repiquages successifs sur le milieu de Noguchi (gélose-sérum rein de lapin) pour rompre l'association du *Strepto-viridis* avec le *Sp. dentium* et pour assurer le développement indépendant de celui-ci.

Un second exemple typique de l'action favorisante qu'exercent certaines bactéries sur le développement des spirochètes buccaux, nous est fourni par l'étude d'une autre de nos cultures mixtes.

Il s'agit d'une culture impure où le bacille fusiforme est associé à un spirochète à tours de spires aplatis, aux extrémités effilées, et que nous désignons sous le nom de *Sp. acuta*.

Si l'on ensemence les deux organismes en gélose ascite (mélange à parties égales de gélose de Veillon et de liquide d'ascite), on y observe, après 48 heures d'étuve à 37°, l'apparition des colonies du bacille fusiforme. Celles-ci, à peine visibles punctiformes, atteignent en 4 à 5 jours un diamètre de $3^{mm}$ à $4^{mm}$. Ce sont des colonies opaques, gris jaunâtre, à contours limités, lenticulaires, souvent bourgeonnantes (cf. Lewkowicz, Ellermann,

Mülhens, etc.). Le *Sp. acuta* ne devient visible dans la gélose qu'au bout de 5 à 8 jours d'étuve. Il y apparaît sous forme de halos très flous de $2^{mm}$ à $3^{mm}$ de large, qui entourent très régulièrement un certain nombre des colonies du B. fusiforme. Parfois on observe quelques colonies bien séparées de spirochètes, colonies floconneuses extrêmement claires; celles-ci sont toujours voisines de celles du B. fusiforme dont elles ne s'écartent jamais de plus de $4^{mm}$ à $5^{mm}$.

Si l'on repique les colonies bien séparées de *Sp. acuta*, jamais le microbe ne se développe quel que soit le milieu utilisé (gélose-sérum, gélose-ascite, milieu de Noguchi, sérum partiellement coagulé). L'impossibilité pour le spirochète de croître seul, son développement régulier lorsqu'on l'ensemence en association, les rapports étroits de ses colonies avec celles de bacille fusiforme, tous ces faits indiquent que le bacille exerce sur la nutrition du *Sp. acuta* une action favorisante.

Nous avons recherché si cette action peut encore s'exercer lorsqu'on sépare les deux organismes par une membrane de collodion. Pour ce faire, des sacs de collodion montés sur des tubes de verre de $5^{mm}$ de diamètre, et stérilisés à 105° dans l'eau physiologique, sont remplis de gélose-ascite fondue, préalablement ensemencée avec du bacille fusiforme.

Les sacs sont alors introduits dans des tubes de gélose-ascite, fondue et tiède, ensemencée d'avance avec des colonies bien séparées de *Sp. acuta*.

Les tubes, refroidis, sont portés à l'étuve à 37°, au bout de 48 heures, on observe l'apparition des colonies de bacille fusiforme dans la gélose emplissant les sacs de collodion; et entre le sixième et le dixième jour, apparaissent, à leur tour, dans la gélose-ascite extérieure au sac et au voisinage immédiat de celui-ci, des colonies claires et floconneuses de *Sp. acuta*.

Cette expérience nous apprend tout d'abord que les substances, encore inconnues, élaborées par le B. fusiforme qui permettent le développement du *Sp. acuta*, peuvent traverser les filtres de collodion. Elle nous fournit, d'autre part, une technique pour cultiver et conserver à l'état de pureté un spirochète dont le développement indépendant s'était trouvé être entre nos mains, irréalisable.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 20 DÉCEMBRE 1920.

PRÉSIDÉE PAR M. HENRI DESLANDRES.

---

En ouvrant la séance M. **Henri Deslandres** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Suivant une tradition séculaire, à la séance publique annuelle, votre Président remet brièvement sous vos yeux les faits principaux de l'année qui va finir; et, tout naturellement, sa première pensée est pour ceux qui ne sont plus, pour nos Confrères que la mort impitoyable a enlevés à la Science et à notre affection. Ils ont apporté leur pierre à l'édifice commun qui, par leur effort, s'est élevé de quelques degrés; ils sont les bons ouvriers qui n'ont pas perdu leur journée, et doivent être présentés comme exemples à ceux qui survivent.

Cette année, nous avons payé à la mort, le tribut habituel; nous avons perdu successivement, parmi les membres, Adolphe Carnot, Félix Guyon, Armand Gautier et Yves Delage; et, parmi les correspondants, Jules Boulvin, Émile Boudier, Auguste Righi, Pierre Morat et Sir Norman Lockyer.

Le nom des Carnot est cher à notre pays; il rappelle tout d'abord la belle résistance à l'invasion étrangère dans les premières années de la révolution. Lazare Carnot a pu être appelé en 1795 l'organisateur de la victoire, et ses descendants ont tous marqué dans nos annales. Son fils Sadi Carnot est un des fondateurs de la Thermodynamique; il a donné son nom à l'un des grands principes de la Physique. Son autre fils, Hippolyte, a été ministre en 1848, et membre de l'Académie des Sciences morales. L'un de ses petits-fils a été président de la République, et l'autre est notre confrère décédé cette année.

Sorti l'un des premiers de l'École Polytechnique, **Adolphe Carnot** a été un des maîtres les plus éminents de l'École supérieure des Mines; il y a professé longtemps et en a été le Directeur. Après avoir étudié tout

spécialement la Chimie générale et la Docimasie, il a été mis à la tête des Laboratoires et du Bureau d'Essais. Son œuvre personnelle et ses leçons sont condensées dans son grand Traité d'Analyse des substances minérales, commencé en 1898 et aujourd'hui classique. Il a aussi professé la Géologie à l'Institut agronomique, et, dans les dernières années de sa vie, il a été le directeur de la Compagnie du Gaz parisien.

Étant jeune ingénieur dans le Limousin, il y découvre une mine de bismuth, la seule connue en France. Les mines de houille l'ont beaucoup occupé, et il a étudié avec le plus grand soin les qualités diverses de leur charbon, souvent variables dans une même couche. Il faut signaler des recherches très originales sur la teneur en fluor des os fossiles; cette teneur varie avec la période géologique et peut servir à la caractériser. C'est une belle application des méthodes précises d'analyse chimique.

D'autre part, notre confrère a été mêlé aux plus hautes questions de la politique. Fidèle aux traditions de sa famille, il était pieusement attaché à la pure doctrine républicaine; et, pour la maintenir intacte, il a cédé en 1900 aux sollicitations de ses amis; il a accepté la présidence du groupe politique important qui est l'Alliance républicaine démocratique. Là, avec un désintéressement et une ardeur admirés de tous, il a rendu d'inoubliables services; il a fait une campagne très active pour la loi de trois ans qui a été un des facteurs de la victoire. Très simple et même modeste, il parlait peu, mais il était animé d'un beau feu intérieur, alimenté par un idéal élevé et des convictions profondes. Il a été un grand patriote, un homme de science remarquable et un très beau caractère.

Le Dr **Félix Guyon** est mort à 88 ans doyen de la Section de Médecine et Chirurgie. Il a eu une des plus belles carrières médicales qui se puissent rêver, et son nom reste attaché à la guérison d'un groupe important de maladies.

Chirurgien des hôpitaux à 36 ans, il n'avait d'abord aucune spécialité. Le hasard veut qu'il soit chargé d'un service des maladies de la pierre à l'hôpital Necker; il accepte sous la réserve qu'il pourra aussi s'occuper de chirurgie générale. Le traitement des affections de la vessie et du rein était alors dans l'enfance, et la mortalité dans les opérations était très grande; il y avait un beau problème à suivre et à résoudre, et bientôt notre confrère se donne à lui tout entier.

Son œuvre est une belle application de la méthode expérimentale. Il ne

s'attarde pas à l'étude anatomique sur le cadavre qui, d'après lui, est tout à fait insuffisante; il s'appuie surtout sur la physiologie, il étudie avec un soin minutieux les organes vivants dans la santé et dans la maladie. Cette recherche préliminaire met bien en valeur la sagacité et la patience de l'observateur, son habileté grande à rapprocher et à classer les faits. Il reconnaît peu à peu toutes les particularités des organes, leurs réactions et leur sensibilité spéciales, ce qui lui permet de poser les règles d'un diagnostic précis et d'établir une thérapeutique rationnelle. En fait, il a créé l'urologie scientifique.

Il a été, dès le début, un adepte fervent des idées de Pasteur et il a pu surmonter les difficultés auxquelles se heurtait l'application de l'antisepsie à l'appareil urinaire; il a assuré à cette chirurgie spéciale le maximum de garanties. L'opération de la lithotritie, jusqu'ici si meurtrière, est devenue entre ses mains une opération facile, toujours assurée du succès, et il a étendu le même bienfait à beaucoup d'autres opérations et maladies. Sur tous les points de la pathologie et de la technique urinaire, il a laissé son empreinte et une empreinte souvent définitive. Il était aussi un opérateur très habile, et il indiquait à tous le moyen de l'imiter. « Il n'y a pas de mains légères, disait-il, mais seulement des mains attentives. »

Cependant, son service d'hôpital prenait rapidement une grande extension; il est devenu finalement l'École Necker, qui attirait à elle malades et élèves de tous les points du globe. Les beaux laboratoires dont il avait, à ses frais, doté son service, étaient un attrait de plus pour les chercheurs.

Il a aussi professé à la Faculté d'abord la pathologie externe, puis, alors qu'il avait 60 ans révolus, la pathologie urinaire. Ce dernier cours a été créé spécialement pour lui et ses méthodes, et depuis, il a été maintenu. Le fait d'avoir fourni les éléments d'un cours permanent à la Faculté montre bien la grandeur de son œuvre.

Il a été une des gloires incontestées de la Chirurgie française et aussi un chef d'école incomparable, qui agissait beaucoup par l'exemple; toute sa vie il est resté un modèle de conscience et de dignité professionnelle. « Il faut, disait-il à ses élèves, être indépendant des hommes et ne connaître que la dépendance de ses devoirs. » Toujours simple, il a demandé qu'aucun monument ne fût élevé à sa mémoire, mais ses confrères pensent qu'il conviendrait, sur ce point, de passer outre; car il est assurément une des figures les plus belles et les plus nobles de notre Compagnie.

Notre confrère, **Armand Gautier**, décédé peu après, également pro-

fesseur à la Faculté de Médecine, a jeté, lui aussi, un vif éclat sur la Science française; il est un des grands chimistes de notre temps.

Sa formation pour la Science a été originale. Son père, médecin à Montpellier, l'a fait élever loin des écoles, en pleine campagne, au contact des êtres et des choses de la terre, se bornant à guider sa jeune curiosité. Ses deux baccalauréats passés, il entre au laboratoire de Chimie de la Faculté de Montpellier et y reste, pendant cinq ans, à manipuler de toutes les manières. Cette union intime avec la nature, assurée à ses premières années, et qu'il aimait à rappeler, avait laissé chez lui son empreinte. Elle explique l'indépendance et la grande originalité de son esprit, sa méfiance des théories et sa grande habileté expérimentale.

Attaché ensuite au laboratoire de Wurtz, à Paris, il s'affirme immédiatement par une œuvre magistrale : il isole une classe nouvelle de corps très curieux, les carbylamines, et montre qu'ils sont des isomères des nitriles.

Nommé, à l'École de Médecine, directeur du premier laboratoire de Chimie biologique, puis professeur en titre, il porte son principal effort sur cette branche de la Chimie qui offre, comme on sait, les plus grandes difficultés. Ses recherches et publications dans ce domaine sont extrêmement nombreuses; on peut rappeler ici seulement les principales.

Il reconnaît dans les chairs en putréfaction des alcaloïdes nouveaux appelés par lui *ptomaïnes;* jusqu'alors les alcaloïdes, poisons très violents, avaient été trouvés seulement dans les végétaux, et la découverte fait sensation. Il distingue aussi des corps analogues, nommés *leucomaïnes* dans les tissus des animaux en pleine vie normale. Cette double recherche l'occupe pendant dix années.

Il annonce la présence constante de l'arsenic dans plusieurs organes des animaux, en particulier dans la peau, la glande thyroïde et le cerveau. Cette découverte, qui heurtait les idées reçues, soulève de vives discussions, et finalement est acceptée par tous. L'arsenic, et aussi l'iode, jouent dans notre organisme un rôle qui, jusqu'alors, avait été méconnu, et il est conduit à des médicaments nouveaux à base d'arsenic, en particulier aux cacodylates, dont la thérapeutique actuelle tire un grand parti.

Le Dr Gautier a fait aussi de longues recherches sur les impuretés de l'air des villes, et, pour les doser, il imagine des méthodes nouvelles très délicates. Le résultat n'est pas celui qu'on attendait : l'oxyde de carbone fait absolument défaut; et, aussi bien à la campagne qu'à la ville, l'air contient des traces d'iode et, en quantité appréciable, de l'hydrogène libre. Cet hydrogène, qui est absorbé constamment par l'ozone atmosphérique, pro-

vient des roches primitives du sous-sol, soumises au feu central; car il se dégage des mêmes roches, chauffées dans le laboratoire; de plus, il est mélangé à la vapeur d'eau et au gaz des volcans. D'où un double résultat : les sources thermales doivent être divisées en deux classes, et ces faits conduisent à une explication simple des phénomènes volcaniques qui a été adoptée par le grand géologue Suess. Une simple question à lui posée par le Comité d'hygiène a été peu à peu développée largement et étendue à d'autres sciences.

Le dernier travail, important par l'étendue et les conséquences, met bien en relief les qualités maîtresses de l'homme. Armand Gautier a toujours suivi sa voie propre, sans trop s'inquiéter des courants d'idées qui, à chaque époque, entraînent la majorité des chercheurs dans une même direction. En fait, ses principales découvertes ont été contraires aux théories régnantes, et il disait souvent : « La théorie doit être une aile qui nous porte, non une borne qui nous arrête. » Quant à lui, il restait toujours en contact intime avec les faits, tout en ayant une imagination très vive; et il sortait volontiers des limites de sa spécialité : il a vibré fortement pour toutes les conquêtes de la science moderne. Par l'œuvre accomplie, par l'élévation des idées et du caractère, il est un de ceux qui ont fait le plus d'honneur à notre Académie.

Quelques jours après, nous perdions un autre de nos confrères, très aimé et estimé, le grand zoologiste **Yves Delage,** président de l'Union biologiste internationale. Il est mort relativement jeune, victime de son dévouement à la science, après avoir fourni un travail intense sans ménager ses forces.

Il a d'abord été étudiant en médecine; mais les belles leçons de Lacaze Duthiers à la Sorbonne l'attirent vers la zoologie et vers le laboratoire maritime de Roscoff où il fait ses premières recherches.

Reçu presque en même temps docteur en médecine et docteur ès sciences naturelles, il est envoyé à la Faculté de Caen professer la zoologie et il est rappelé bientôt à Paris par son maître Lacaze-Duthiers, qui, finalement, lui cède sa chaire de Zoologie, d'Anatomie et de Physiologie comparées.

Il est ainsi, à 32 ans, professeur à la Sorbonne et directeur adjoint du laboratoire de Roscoff; il porte son principal effort sur les animaux marins, qui forment un sujet d'études extrêmement vaste.

Sa thèse sur les petits crustacés, appelés Edriophthalmes, avait été très remarquée. Son travail suivant sur la Sacculine offre un intérêt encore plus grand; il révèle un cas de parasitisme qui est un des plus curieux et des

plus singuliers que l'on connaisse. La Sacculine est un crustacé inférieur qui, après avoir subi plusieurs transformations, se fixe sous l'abdomen du crabe vulgaire; il pénètre à l'intérieur de la carapace et se développe dans toutes les parties de son hôte; puis il en ressort pour déposer à l'extérieur dans une poche spéciale ses propres embryons.

On ne peut citer ici les nombreux Mémoires qui lui sont dus; mais il faut signaler ses belles recherches sur la parthénogenèse expérimentale, en particulier avec les oursins. Il a apporté la lumière dans cette question obscure et difficile, et il a pu, le premier, élever jusqu'à l'âge adulte un oursin né dans ces conditions spéciales.

Mais il avait abusé du microscope, et il est atteint à 41 ans d'une maladie grave des yeux, qui devient plus tard, en 1904, la cécité complète. Avec une vigueur d'âme vraiment remarquable, il se montre supérieur à on infortune. Son activité reste entière, elle est seulement détournée un peu vers d'autres sujets.

Il entreprend alors plusieurs grandes publications, et en particulier son *Année biologique* qui résume en un volume tous les travaux d'une année dans le monde entier. Ce volume a été présenté comme un modèle aux autres sciences.

Il continue à diriger ses laboratoires de Paris et Roscoff; il assiste régulièrement à nos séances, apportant toujours une ou deux communications; même il prend part à toutes les discussions avec une aisance et une autorité que nous avons tous admirées. Il avait une mémoire excellente et une érudition si étendue qu'il a pu, à notre époque, être appelé un *encyclopédiste*. Au Congrès international tenu l'année dernière à Bruxelles, il a été par acclamation mis à la tête de l'Union biologique.

Pendant l'année, il nous présente un gros volume publié par lui sur le Rêve, qu'il avait étudié depuis longtemps à des points de vue très divers. Deux jours avant sa mort, sachant qu'il était atteint d'un mal qui ne pardonne pas, il dicte à ses élèves une longue Note pour nos *Comptes rendus*. Sa mort est celle d'un héros, et en accord avec sa vie tout entière. L'Académie salue avec émotion cet homme de cœur, qui a tout sacrifié à la science et à la vérité; elle est fière de l'avoir compté parmi ses membres.

La liste funèbre n'est pas close, il reste à vous parler de nos cinq Correspondants décédés, dont deux sont Français. Le temps manque malheureusement pour qu'on puisse exposer leurs travaux avec détails.

**Jules Boulvin**, Correspondant dans la Section de Mécanique depuis 1913, a été ingénieur principal de la Marine belge et professeur de Mécanique appliquée à l'Université de Gand.

Il a développé avec un grand succès la théorie des moteurs thermiques, en s'appuyant sur le diagramme entropique et aussi sur le diagramme dynamique. L'emploi raisonné de ces diagrammes lui a permis d'analyser avec précision l'évolution de la vapeur dans les machines, et en particulier les pertes de chaleur par les parois, l'influence de l'espace nuisible de la surchauffe et des enveloppes de vapeur. Il a pu faire ainsi une critique judicieuse de plusieurs moteurs connus.

Son œuvre, aujourd'hui classique, est exposée en détails dans son grand ouvrage de Mécanique appliquée, qui a été publié en France et a eu plusieurs éditions.

Nous perdons en lui un grand ingénieur et un ami sincère de notre pays.

**Émile Boudier** est un mycologue éminent attaché depuis 1909 à la Section de Botanique.

Établi pharmacien à Montmorency, il s'est adonné avec passion, pendant toute sa vie, à l'étude des champignons. Il savait à la fois les très bien décrire et les représenter fidèlement par des dessins qui sont de véritables merveilles. Son premier Mémoire, daté de 1866, a été couronné par l'Académie de Médecine, qui, peu après, le nommait correspondant.

Parmi ses œuvres, il faut citer son grand Mémoire sur les Mixomycètes d'Europe qui en donne une classification claire et rationnelle, et surtout ses Icones Mycologia, complétés par 600 magnifiques planches.

Placé dans une situation modeste, mais poussé par l'amour désintéressé de la Science, il a pu ainsi, avec ses seules ressources, faire œuvre belle et utile. De tels hommes sont une force pour un pays, et leur perte est ressentie par tous.

**Auguste Righi** est un physicien très éminent, qui a été mêlé activement à toutes les grandes questions soulevées dans son domaine. Il est né et mort à Bologne où il était professeur à l'Université. Depuis 1913, il est notre correspondant.

Ses recherches ont porté principalement sur l'Optique et l'Électricité. Il reconnaît la variation de résistance du bismuth dans un champ magnétique, et les analogies profondes du rayonnement hertzien et du rayonnement lumineux. Les premiers essais de télégraphie sans fil ont été poursuivis sous sa direction par Marconi dans son laboratoire.

Son œuvre principale se rapporte à l'étincelle électrique et aux phénomènes curieux qu'elle présente sous l'influence d'un champ magnétique. Il montre que les atomes et molécules sont alors plus faciles à ioniser; de plus, il admet que l'ion positif et l'électron négatif s'unissent souvent et tournent l'un autour de l'autre, comme les composantes d'une étoile double. C'est ce qu'il a appelé la rotation iono-magnétique, qui explique bien plusieurs faits singuliers observés dans l'étincelle.

Récemment, il a soulevé une discussion très intéressante sur la célèbre expérience de Michelson et Morley, qui est la base des théories de la relativité.

A la fois original et profond, Righi a passé au crible les idées anciennes et a fait surgir beaucoup d'idées nouvelles. Son nom aura une belle place dans l'histoire de la physique moderne.

**Pierre Morat**, Correspondant dans la Section de Médecine et Chirurgie depuis 1916, a été professeur à la Faculté de Médecine de Lyon. C'est un physiologiste de grande valeur, qui s'est affirmé par des travaux originaux et aussi par un Traité important de Physiologie.

La notoriété lui est venue par ses recherches sur le *mal perforant* qui détruit les os et cartilages du pied. Il a montré que ce mal étrange était dû à une lésion des nerfs. Il a aussi poursuivi de nombreuses recherches en collaboration avec notre confrère Dastre sur le rythme cardiaque, l'excitation électrique de la pointe du cœur et l'appareil nerveux vaso-moteur. Universellement connu et apprécié, il a fait grand honneur à la physiologie française.

Sir **Norman Lockyer**, Correspondant depuis 47 ans, est un des plus grands astronomes de notre époque. Il a fait des découvertes de premier ordre et il est un des fondateurs de la branche nouvelle de l'Astronomie physique.

Il est mort, âgé de 84 ans, dans le nouvel observatoire qu'il avait fait construire, aidé de quelques amis, dans le beau site de Sidmouth en Angleterre. Il avait aussi, au début de sa carrière astronomique, travaillé dans un simple observatoire d'amateur. Il ne sortait d'aucune grande école, d'aucune université, et, pour vivre, il a dû, pendant treize ans, jusqu'à l'année 1870, rester attaché au Ministère de la Guerre à Londres. Mais il avait une passion profonde pour la science. En 1866, il indique la méthode du spectroscope pour la reconnaissance des protubérances solaires en plein

jour. Deux ans plus tard, en 1868, il applique la méthode à Londres presque en même temps que notre compatriote Janssen aux Indes. Il découvre une protubérance en plein jour.

Quelques jours après, il annonce que la protubérance contient un gaz nouveau, inconnu sur la Terre, caractérisé par une radiation jaune, et il donne à ce gaz le nom d'*Hélium*. C'est la première reconnaissance de ce gaz fameux qui, 37 ans plus tard, a été trouvé sur notre Terre par Ramsay. Il annonce aussi que l'analyse spectrale des vapeurs solaires révèle leurs pressions et aussi leurs vitesses par rapport à la Terre. Ces résultats sont obtenus en quelques semaines avec de petits instruments; ils sont le point de départ de nombreuses recherches, poursuivies depuis sur le Soleil dans les observatoires.

En 1873, il organise à Londres, mais alors aux frais de l'État anglais, un observatoire nouveau d'Astronomie physique, complété par un laboratoire et il dirige l'établissement jusqu'à l'année 1912. Il y poursuit des recherches parallèles de Physique et d'Astronomie. En particulier, il se propose de retrouver dans le laboratoire les raies spectrales reconnues dans le Soleil et les étoiles. Il arrive à distinguer dans les spectres terrestres trois séries de raies, les longues, les courtes et les renforcées, qui correspondent à des températures croissantes; et, retrouvant ces raies dans les astres, il peut ranger les étoiles dans l'ordre de leurs températures. Ce résultat est évidemment de première importance.

Même il présente une classification des étoiles différente de toutes les autres. La température des étoiles, d'après lui, ne diminue pas constamment; elle augmente d'abord, passe par un maximum et ensuite décroît lentement; et cette évolution stellaire est accompagnée de la dissociation de nos éléments chimiques qui, dans la phase des hautes températures, sont réduits aux éléments les plus légers. Ces grandes idées sur l'évolution stellaire, accueillies d'abord avec froideur, s'imposent peu à peu à l'attention de tous.

Il faut aussi rappeler que Lockyer est le fondateur de la revue anglaise *Nature*, qui est la revue scientifique la plus répandue dans le monde entier.

En résumé, cette carrière scientifique est l'une des plus belles et des mieux remplies que l'on puisse citer. L'homme avait un cerveau puissant, et, sur plusieurs points, s'est élevé jusqu'au génie. Sa mort met en deuil l'Astronomie tout entière.

II

Messieurs, j'ai terminé la première partie de ma tâche. L'œuvre de nos confrères disparus vous a été rappelée, au moins dans ses traits principaux; mais, et c'est là une pensée consolante, leur œuvre n'est pas interrompue, elle est continuée, elle est reprise avec une ardeur toujours renouvelée. Comme les coureurs du poète antique, ceux qui sont glacés par la mort repassent le flambeau de la vie et de la recherche à d'autres plus jeunes et plus actifs; et la Science qui, seule est immortelle, poursuit sans arrêt sa marche ascendante vers des sommets toujours plus hauts. Je salue ici les nouveaux élus, les élus de cette année, MM. Mesnager, Lindet, Laubeuf, Breton, membres titulaires ou membres libres; les associés, MM. Ciamician et Michelson, et de nombreux correspondants, MM. Chodat, Lugeon, Bianchi, Dewar, Sir Joseph Larmor, Perkin, Dickson, Kamerlingh Onnes, Riquier, Pierre Weiss et Torres Quevedo. Ils apportent à l'Académie l'appui de leur notoriété, déjà grande, et ils assurent la continuité de sa mission spéciale.

L'extension considérable, prodigieuse, des recherches scientifiques est un des caractères de notre époque. Les hommes de valeur et les établissements spéciaux qui leur sont consacrés sont en nombre toujours croissant, et cette belle progression est surtout frappante en Amérique. Nous avons vu, dans les cinquante dernières années, les découvertes succéder aux découvertes, et dans toutes les sciences. La Physique a été favorisée de façon toute particulière; son domaine, déjà de belle étendue, s'est agrandi de terres nouvelles à la fois très riches et très vastes; les phénomènes de radiation et les phénomènes électriques y ont une place prépondérante.

Les hommes de ma génération, épris de science, ont eu ainsi de grandes jouissances intellectuelles, et il semble que nos descendants soient appelés à en avoir encore de plus grandes.

On aperçoit, il est vrai, quelques ombres à ce brillant tableau. Les destructions aveugles de la Grande Guerre, le retour aux plus bas instincts chez quelques peuples, ont fait naître des craintes légitimes, et l'on a rappelé l'invasion des barbares, qui a détruit la belle civilisation romaine et replongé dans la nuit tout l'Occident pendant quelques siècles. Mais la science est mieux armée qu'autrefois pour résister à tous ces cataclysmes. Elle n'est pas, comme dans le monde antique, gardée jalousement dans quelques temples; elle est répandue et diffusée partout, grâce à l'imprimerie et à la facilité des transports. Il suffit qu'un seul exemplaire de nos ouvrages

principaux soit conservé ou reproduit; et le danger le plus à redouter est peut-être la fragilité, la faible durée de notre papier.

Dans toutes les luttes, d'ailleurs, la science, avec ses applications, assure un avantage marqué à ceux qui la cultivent, et elle se défend ainsi elle-même. Les grands services qu'elle a rendus dans toutes les guerres, et dans la dernière guerre en particulier, vous ont été exposés magistralement l'année dernière par mon éminent prédécesseur M. Guignard. De toute façon, le vainqueur devra recourir à elle et lui faire la place qui lui est due. Aussi le beau monument de nos connaissances actuelles est assuré de la pérennité; et son accroissement futur, continu et indéfini, est également certain. Un des désirs du savant serait, par une sorte de métempsycose, de revenir sur cette terre dans 100 ou 200 ans, et d'y reconnaître les progrès accomplis. Ses étonnements, j'en suis convaincu, seraient profonds, et au moins aussi grands que ceux du philosophe Descartes, s'il revenait aujourd'hui parmi nous.

Les résultats acquis à l'heure actuelle sont déjà magnifiques; et, puisque je suis spécialisé dans l'astronomie, vous me permettrez de vous donner un aperçu des progrès réalisés dans la branche nouvelle de cette science, qui est l'Astronomie physique. Cette branche a eu une croissance rapide et la moitié au moins des Mémoires astronomiques actuels lui est consacrée. Elle poursuit les applications à l'Astronomie des méthodes et découvertes de la Physique moderne. Je vous exposerai quelques-unes de ces applications, et aussi les indications précieuses que d'autre part elle apporte à la Physique et à la Chimie.

La science astronomique, qui étudie les objets les plus éloignés, et *a priori* les plus inaccessibles, est cependant la première en date : elle a été constituée avant les autres sciences qu'elle a ensuite guidées dans la bonne voie. La gravitation universelle avec la règle simple de Newton a appris aux hommes qu'il y avait des lois, et même des lois simples à la base des phénomènes naturels. Il en est résulté d'abord la Mécanique céleste, qui explique les mouvements des planètes et satellites, puis, successivement, la Mécanique générale et la Mécanique industrielle. Les lois du mouvement sont les mêmes pour les grosses masses stellaires et les organes les plus petits de nos machines.

C'est là évidemment une belle généralisation; et les astronomes ont contribué à l'établir en vérifiant les moindres conséquences de la loi newtonienne avec les astres du système solaire. Chacun d'eux est attiré à la fois par tous les autres, et le mouvement réel est complexe. Or, depuis 200 ans,

la branche de l'Astronome, dite de position, ou branche ancienne a relevé avec une précision croissante la position de tous les astres sur la sphère céleste; et récemment elle a réalisé un grand progrès par l'emploi de la plaque photographique. Avec les astres mobiles du système solaire, les moindres mouvements sont reconnus et même prédits à l'avance avec l'aide de la Mécanique céleste. Avec les étoiles qui, toutes, sont extrêmement loin, les déplacements apparents, toujours extrêmement petits, sont mesurés avec soin. En fait, la branche ancienne de position est arrivée au dernier stade de son développement, à un état voisin de la perfection.

Au siècle dernier, l'étude des astres a été engagée dans une voie tout autre, assurément plus large, par l'analyse profonde de leur lumière, d'après les méthodes les plus récentes de la Physique. Le seul lien bien tangible qui nous rattache aux astres est en effet leur rayonnement; même la chaleur et la lumière du Soleil sont la source première de la vie et du mouvement sur notre Terre. Pour celui qui regarde de près les choses, la création tout entière est sous la puissance du feu et de son rayonnement. Lavoisier a écrit que la vie était une flamme alimentée par des combustions chimiques; et cette grande idée est en germe dans la légende antique de Prométhée qui ravit aux dieux le feu céleste pour animer le corps de l'homme.

Tout progrès dans la connaissance de la lumière est un bienfait immédiat pour l'Astronomie. Dans cette phase nouvelle, c'est la Physique qui prend la tête, entraînant l'Astronomie dans son sillage, lui apportant ses méthodes, sa technique de laboratoire, son esprit particulier formé par un contact intime avec les choses. Or, dans les cent dernières années, l'homme a pu reconnaître la nature vibratoire de la lumière et compter ses vibrations; il a pu la décomposer en ses radiations élémentaires par l'analyse spectrale, et remonter à la source première de ces radiations, qui est l'atome lui-même. L'atome est un petit monde en miniature, qui a ses vibrations spéciales; chaque atome, disait Rowland, est un grand piano; même il a sa sonate particulière qui le caractérise et le distingue de tous les autres. D'ailleurs la lumière n'est qu'une petite partie du rayonnement total émis par les corps; elle comprend un seul octave, alors que, des ondes de la télégraphie sans fil aux rayons X, on a relevé déjà plus de 40 octaves. Le nouveau champ d'études est extrêmement vaste, et il faut encore signaler un rayonnement d'autre nature, un rayonnement corpusculaire, analogue à celui du radium, et constitué par de petits projectiles qui sont des corpuscules électrisés.

Toutes ces conquêtes de la physique moderne sont merveilleuses et aussi les applications à l'Astronomie.

En premier lieu, la lumière fournit la force répulsive réclamée depuis longtemps pour expliquer les queues cométaires; elle exerce une petite poussée, appelée *pression de radiation*, qui a été bien constatée dans le laboratoire. La pression de radiation joue un grand rôle dans les astres à faible densité; elle égale en importance la gravitation qui lui est opposée.

La branche nouvelle étudie les astres avec ses moyens particuliers; elle examine le petit point lumineux de l'étoile, comme le fait la branche ancienne, mais en plus, et surtout, ce petit point étalé suivant une ligne par le prisme. Car tous les points de cette ligne, qui est le spectre, sont utiles à relever. L'étude, faite sur une plaque photographique, est plus longue, mais la variété des résultats est aussi plus grande.

Le rayon de lumière porte en lui la trace, la marque de toutes les circonstances de son émission. C'est ainsi que le spectre donne la composition chimique de l'astre et, dans une certaine mesure, son état physique avec une valeur approchée de la température; il décèle son atmosphère et sa division en couches superposées; il fournit aussi la vitesse de l'étoile, en kilomètres par seconde, dans la direction de la Terre. Ces données importantes étaient autrefois jugées inaccessibles, et l'astronome-physicien a pu récolter une ample moisson de faits nouveaux.

En ce qui concerne la composition chimique, les corps simples qui forment l'écorce de la Terre se retrouvent dans le Soleil, ou, plus exactement dans la couche basse de son atmosphère; ils se retrouvent aussi, en partie tout au moins, dans les étoiles, et l'on a pu proclamer l'unité de la matière dans tout l'Univers. De plus, quelques radiations stellaires, en petit nombre, n'ont pas encore été relevées dans les flammes terrestres; elles annoncent des corps simples nouveaux, et c'est ainsi que le gaz hélium, comme son nom l'indique d'ailleurs, a été signalé dans le Soleil bien avant d'être isolé et préparé sur la Terre. Les nébuleuses contiennent des gaz, probablement très légers, que nous ne connaissons pas encore. Il y a là des indications extrêmement précieuses pour les chimistes.

Les couches successives de l'atmosphère solaire sont représentées dans le spectre par des radiations distinctes; ce qui permet de les isoler et même de les photographier séparément, et l'on a pu dire que la couche supérieure de l'atmosphère solaire était, dans son ensemble, mieux connue que la couche correspondante de notre Terre. La même recherche est étendue aux étoiles; la radiation brillante, qui correspond à l'état électrique de l'atmosphère a, d'une étoile à l'autre, des éclats très différents.

La mesure des températures par le spectre est très suggestive. Les plus hautes températures, réalisées jusqu'ici sur notre globe, sont données par la flamme d'acétylène à 2300°, et par l'arc électrique qui s'élève à 3500°. Or, à la surface du Soleil, la température est voisine de 6500°; et, dans les étoiles les plus chaudes, elle monte jusqu'à près de 15000°. Il est donc possible de dépasser largement les températures atteintes à notre époque, et l'on peut rappeler que l'arc électrique n'était pas connu il y a 100 ans. Il est possible de faire mieux encore, et cette indication de l'Astronomie a une réelle valeur.

La vitesse de l'astre dans la direction de la Terre, ou vitesse radiale, assurée par le spectre, est de première importance; elle révèle, en effet, la partie du mouvement qui échappe à la branche ancienne de l'Astronomie. A ce point de vue, les deux branches ancienne et nouvelle se complètent; mais elles concourent au résultat et opèrent dans des conditions très différentes. Les petits déplacements sur la sphère céleste, recherchés par la branche de position, diminuent avec la distance; et ils deviennent imperceptibles aux distances très grandes, alors même qu'ils s'accumulent pendant des dizaines d'années. Pour la même raison, la branche ancienne ne peut déterminer la distance des astres que pour les étoiles les plus voisines, au nombre de 2000 au plus. Avec les étoiles plus éloignées, elle ne donne plus la longueur du chemin parcouru sur la sphère, mais seulement la direction du mouvement relatif.

Par contre, avec la branche nouvelle, le spectre donne la vitesse radiale et le chemin parcouru, immédiatement et à toutes les distances; il faut seulement que l'astre ait un éclat suffisant ou que la pose de la plaque soit suffisamment longue. La méthode est indiquée pour une exploration générale du ciel, et elle s'applique admirablement aux astres très éloignés, tels que les amas d'étoiles et les nébuleuses, qui, ayant un diamètre apparent, conservent un éclat constant, lorsque la distance augmente. Pour bien faire comprendre les résultats, il sera bon de rappeler quelques faits généraux.

Notre Soleil fait partie d'un grand système d'étoiles, appelé *Galaxie*, qui comprend le cercle de la Voie lactée. La galaxie est développée suivant un plan, ou mieux est un disque plat, large et relativement mince, qui renferme la grande majorité des étoiles du ciel. Le Soleil est à peu près au milieu du disque, et l'on comprend la concentration d'étoiles qui s'offre à nous dans la Voie lactée. De plus, dans la direction perpendiculaire à la galaxie, aux points appelés ses pôles, on a au contraire une concentration de nébuleuses, de nébuleuses spirales, relevées en grand nombre par la photographie. On a de fortes raisons de croire que les nébuleuses spirales sont aussi

des galaxies, c'est-à-dire des Univers semblables au nôtre, mais pour nous très rapetissées par l'énormité de la distance. Entre notre galaxie et la région des nébuleuses, et plus près de la galaxie, sont les amas d'étoiles.

Le spectre a pu révéler les mouvements de tous ces mondes. La branche ancienne de l'Astronomie avait déjà abordé le problème par ses méthodes avec les étoiles les plus voisines, et mis en relief deux faits importants, à savoir : un mouvement de translation du Soleil par rapport à ces étoiles, mouvement qui l'entraîne vers la constellation d'Hercule et l'existence de deux grands courants d'étoiles, qui sont opposés l'un à l'autre et se pénètrent. Or la même recherche a été reprise avec les vitesses données par le spectre et les étoiles les plus brillantes; le résultat a été sensiblement le même, la vitesse trouvée pour le mouvement du Soleil étant de $19^{km},5$ par seconde. Les deux méthodes se confirment l'une l'autre.

De plus, la méthode spectrale a donné pour les étoiles de la galaxie la vitesse moyenne de $25^{km}$ par seconde, voisine de celle du Soleil. Elle a été appliquée ensuite aux amas globulaires qui offrent des milliers d'étoiles concentrées autour d'un point et sont peut-être les objets les plus curieux que l'on puisse voir dans une grande lunette; la vitesse trouvée est beaucoup plus grande, en moyenne $150^{km}$, le sens étant en général celui du rapprochement.

Avec les nébuleuses spirales, la vitesse est encore plus grande, $600^{km}$ par seconde en moyenne, le sens étant plutôt celui de l'éloignement. La recherche est faite en montagne avec des plaques très sensibles et des poses de plusieurs dizaines d'heures.

Le dernier résultat surtout est extraordinaire; il appuie la thèse, déjà soutenue par de bonnes raisons, qui place les nébuleuses spirales très loin de notre système stellaire et en fait des univers distincts. Or, avec les grands télescopes actuels, le nombre des étoiles relevées dans la galaxie atteint deux milliards et le nombre des nébuleuses est voisin de un million. L'esprit reste confondu devant une telle accumulation de Soleils dans un même univers et aussi devant une telle accumulation d'univers.

Les faits précédents sont d'ordre général. On a aussi comparé les étoiles entre elles en rapprochant leurs couleurs et les éléments de leurs spectres; les différences sont parfois très grandes. Puis on les a classées dans l'ordre probable de leur évolution, de manière que, d'une extrémité à l'autre du tableau, les différences soient lentes et progressives. En réalité, suivant une remarque déjà faite par Herschell, les étoiles sont comme les arbres d'une forêt, qui offrent tous les âges, depuis la jeunesse jusqu'à la décrépitude.

L'étoile, qui rayonne chaleur et lumière, se contracte d'une manière continue; et, d'après Lockyer, sa température augmente d'abord, passe par un maximum et décroît ensuite lentement; elle va du rouge vers le violet, puis du violet vers le rouge, en passant deux fois par la même température. En fait, les étoiles rouges les plus voisines, dont la distance nous est connue, étant transportées toutes à la même distance de la Terre, forment deux groupes bien distincts : d'un côté sont des étoiles très brillantes, de l'autre côté des étoiles beaucoup plus faibles. Les premières ont nécesssairement un plus grand diamètre; on les appelle les *étoiles géantes;* elles sont dans la phase ascendante de la température. Les autres, qui sont les *naines*, sont dans la phase descendante. Cette vérification est frappante. Quant à notre Soleil, il est entre ces extrêmes, ou plutôt il commence à entrer dans la classe des étoiles naines. On a étudié avec le plus grand soin les types d'étoiles qui, dans l'ordre normal, succèdent au type solaire, et qui nous mettent actuellement sous les yeux notre état futur probable, dans quelques milliers ou millions d'années. De toute façon, dans le groupe d'étoiles qui est le nôtre, la situation de la Terre et du Soleil apparaît bien modeste et, dans l'ensemble de la création, elle est, peut on dire, infiniment petite.

Cependant, dans la phase médiane de son évolution, l'étoile a sa température maxima qui dépasse souvent 10000°, et son atmosphère offre alors seulement les gaz les plus légers; les autres corps simples à vapeur plus lourde, ont disparu; leurs atomes sont dissociés. Les étoiles apparaissent ainsi comme les grands creusets où se font et se défont les corps simples de la nature.

Si l'on parvient un jour à réaliser sur la Terre ces températures et ces pressions stellaires, et qui peut prétendre que cela soit absolument impossible, l'homme saura modifier à sa guise les éléments chimiques et les transformer au mieux de ses besoins. N'oublions pas que l'homme, à certains égards si petit, s'élève quelquefois très haut par son intelligence et sa volonté.

L'évolution des atomes se montre ainsi étroitement liée à l'évolution des étoiles. Or, d'après les théories récentes, bien vérifiées par les faits, l'atome est aussi un monde stellaire, mais en excessivement petit. Ses éléments sont disposés dans un plan comme ceux du système solaire; ils comprennent un noyau électrisé positivement qui correspond à notre Soleil, et autour du noyau des anneaux d'électrons négatifs, comparables aux anneaux des petites planètes et aux anneaux de Saturne. Le ciel étoilé nous montre rapprochés l'infiniment grand et l'infiniment petit, conformément à la conception géniale de Pascal.

En résumé, l'union avec la Physique et le laboratoire ouvre à l'Astronomie un champ d'études d'une richesse inespérée, et la moisson, dont je vous ai présenté quelques gerbes, est seulement commencée. L'étoile n'est plus un simple point lumineux, une sorte de point mathématique; elle est un corps bien défini qui a sa composition chimique, sa température, une surface et une atmosphère périodiquement variables et une évolution dans un ordre bien déterminé. Elle est comme un être vivant qui palpite, et d'autant plus intéressante. Le résultat le plus étonnant peut-être, est la mesure immédiate de la vitesse des astres à toutes les distances; et c'est ainsi que le spectre a révélé des mouvements très rapides dans des corps célestes qui jusqu'ici avaient paru immobiles. La branche nouvelle nous fait pénétrer dans la profondeur des cieux et rattache à nous les mondes les plus éloignés. Il sera bientôt possible de déterminer avec précision la vitesse propre de notre système d'étoiles par rapport à l'ensemble des nébuleuses.

A un autre point de vue, par ses cotés grandioses, l'Astronomie occupe la première place. Elle nous montre la matière soumise à des actions plus fortes que celles qui prévalent sur notre globe, et elle nous en dévoile les propriétés; elle reste donc toujours, comme au temps de Newton, la science mère, qui, sur plusieurs points, guide et entraîne les autres sciences dans des voies nouvelles. Elle nous élève au-dessus de nous-mêmes, au-dessus des conditions étroites de notre Terre, et elle nous laisse entrevoir un peu nos destinées futures.

On peut répéter pour elle une fois de plus, ce que Montaigne écrivait à Diane de Foix.

Madame, c'est un grand ornement que la Science, et un outil de merveilleux service.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel, pour la lecture du palmarès.

# PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1920.

# RAPPORTS.

## MATHÉMATIQUES.

### PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

#### Grand prix des Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Goursat, Boussinesq, Émile Picard, Lecornu; Hadamard, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

*Perfectionner la théorie des fonctions d'une variable qui sont susceptibles de représentations par des séries trigonométriques de plusieurs arguments fonctions linéaires de cette variable.*

La Commission a eu à examiner un Mémoire de M. **Ernest Esclangon**, directeur de l'Observatoire de Strasbourg, intitulé : *Nouvelles recherches sur les fonctions quasi périodiques*.

Les fonctions d'une variable $t$ qui naissent d'une fonction de plusieurs arguments $u_1, u_2, \ldots, u_p$ périodique par rapport à chacun d'eux (avec des périodes incommensurables entre elles) lorsqu'on les suppose tous égaux à $t$, — ou, comme on dit actuellement avec M. Esclangon, les fonctions *quasi périodiques* — ont, dans toutes les applications des Mathématiques et particulièrement en Mécanique céleste, une importance capitale.

M. Esclangon, après un astronome russe, M. Bohl, de Riga, dont i ignorait les travaux, avait déjà donné à leur étude une forte impulsion dans sa Thèse soutenue devant l'Université de Paris en 1904.

Il a été remarquablement servi, dans ses recherches sur ce sujet, par le sens du concret, le sens physique très averti dont il a récemment fait preuve dans d'autres ordres de travaux. Transportant à l'examen théorique de la question un principe déjà appliqué à son étude expérimentale, — car nombre de phénomènes observés introduisent la notion qui nous occupe, — il avait, dès son précédent travail, fait intervenir la moyenne des valeurs que prend la fonction lorsqu'on donne à la variable indépendante $t$ un très grand nombre d'accroissements successifs égaux à une même quantité $a$. Si $a$ n'est pas une de ces périodes que possède pour ainsi dire d'une manière latente la fonction quasi périodique considérée F, cette moyenne tend nécessairement vers zéro. Mais, dans le cas contraire, on trouve à la limite une « fonction moyenne », de période $a$, à savoir l'ensemble des termes de F qui admettent cette période et que la méthode précédente parvient ainsi à dégager.

Après une nouvelle et forte préparation arithmétique, fondation nécessaire de l'édifice qu'il veut construire, c'est ce résultat que l'auteur généralise dans le Mémoire qui nous est soumis.

Entre un « corps de périodes » $\Omega$ (ensemble de $p$ périodes $u_1, \ldots, u_p$ et de celles qu'on déduit de leurs combinaisons) et une période unique $a$ qui lui appartient (cas de $p = 1$) s'échelonnent une série de corps plus simples, $\Omega_1$ correspondant à des valeurs plus petites du nombre $p$. Une fonction F quasi périodique relativement à $\Omega$ comprend en général une partie $F_1$ qui est quasi périodique relativement à $\Omega_1$.

Peut-on, connaissant F, en dégager cette fonction partielle $F_1$? M. Esclangon résout ce nouveau problème, extension naturelle de celui qu'il avait précédemment traité, mais notablement plus difficile, en précisant la notion, classique dans la théorie, de périodes approchées, par la notion voisine de suite convergentes par rapport à un corps de périodes.

Dans une dernière Partie est abordée l'étude des équations différentielles linéaires à coefficients et à seconds membres quasi périodiques, aboutissement dernier de cet ordre de recherches. Grâce à cette nouvelle « analyse harmonique », beaucoup plus fine et plus délicate que la classique, dont nous venons de résumer le principe, il parvient à dépasser sur certains points l'astronome russe, son rival en la matière. Avant de supposer les coefficients du premier membre quasi périodiques, il considère le cas où ces

coefficients sont constants, le second membre seul étant variable et quasi périodique, la question étant de savoir si les solutions elles-mêmes peuvent posséder cette propriété. Lorsque l'équation caractéristique n'admet aucune racine nulle ou purement imaginaire, la réponse est facile et se trouve même contenue dans les résultats de M. Bohl. Mais il en est autrement s'il y a des racines à partie réelle nulle. Dans ce cas, l'intégrale générale classique Y de l'équation sans second membre contient elle-même des termes trigonométriques : il en résulte que les intégrales quasi périodiques de l'équation complète, si elles existent, ne le sont pas nécessairement par rapport au même corps Ω que le second membre donné, mais, en général, par rapport à un corps plus complet Ω′ obtenu en adjoignant à Ω les périodes propres à Y.

Malgré cette nouvelle difficulté, M. Esclangon arrive à montrer que toute intégrale qui reste bornée est nécessairement quasi périodique, proposition dont un théorème bien connu de M. Bohl sur la primitive d'une fonction quasi périodique n'est qu'un cas particulier. Mais, de plus, — et c'est une belle application de sa nouvelle analyse harmonique, — il établit que, s'il existe de telles intégrales, l'une au moins d'entre elles est quasi périodique dans le même corps Ω que le second membre de l'équation.

Une distinction correspondante s'impose, bien entendu, dans l'étude du problème général, c'est-à-dire lorsque les coefficients du premier membre sont eux-mêmes des fonctions quasi périodiques et non plus des constantes. Elle réside dans l'existence ou la non-existence d'intégrales bornées pour l'équation sans second membre.

Ces résultats, tout en mettant en évidence une fois de plus la haute difficulté du problème, sont déjà d'une incontestable valeur et permettent d'en attendre d'autres de l'auteur. Ils justifient amplement l'attribution du prix au Mémoire qui nous est soumis.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Goursat, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Élie Cartan**, professeur à la Faculté des sciences, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Goursat, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Baire**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses travaux sur la théorie générale des fonctions.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

# MÉCANIQUE.

## PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin; Sebert, rapporteur.)

M. **Stéphane Drzewiecki**, ingénieur, a présenté pour concourir au prix Montyon, en 1920, un Ouvrage édité par la Librairie Gauthier-Villars et intitulé : *Théorie générale de l'hélice ; hélices aériennes et hélices marines*.

Cet Ouvrage est le développement de conceptions originales sur la théorie de l'hélice propulsive qui ont fait l'objet de Communications présentées par M. Drzewiecki devant l'Association technique maritime, dans les sessions de cette Association en 1892, 1900, 1901, 1910 et 1911.

Ces Communications, qui ont été très remarquées, ont donné lieu à de vives controverses, car les conceptions de l'auteur étaient basées sur une hypothèse contraire à celle généralement admise pour la théorie de l'hélice propulsive dans l'enseignement classique de l'École du Génie maritime notamment, et désignée parfois sous le nom de Rankine.

M. Drzewiecki admet, en effet, que chaque aile d'une hélice agit à l'instar d'une planchette exposée sous une certaine incidence, dans un courant

fluide, et qu'elle produit la déviation d'une certaine couche de fluide limitée, dont l'épaisseur dépend de la largeur de l'aile, de sa section, de son incidence, etc.

Il en résulterait, ainsi que le signale l'auteur lui-même, que le flux ainsi engendré devrait se déplacer avec l'aile considérée, tout en restant parallèle à lui-même et constituer ce qu'on pourrait appeler un flux tournant à la vitesse de l'aile.

Il devrait donc exister autant de ces flux qu'il y a d'ailes et, pour une hélice à deux ailes par exemple, la perturbation entre les deux ailes devrait être faible ou même nulle.

La théorie généralement admise suppose, au contraire, que l'hélice par son passage dans le fluide sur lequel elle agit, met en mouvement, dans l'unité de temps, la masse entière de ce fluide qui est contenue, dans un cylindre dont la base est le cercle balayé par cette hélice et dont la hauteur est la vitesse d'avancement.

Cette hypothèse avait conduit, au moins pour les hélices marines, à des résultats satisfaisants que la pratique avait confirmés et les expériences faites à l'aide des appareils manométriques en usage semblaient en établir le bien-fondé.

Ce n'est qu'en abordant l'étude des hélices aériennes et en étudiant leur emploi pour la mise en mouvement des aérostats que l'on a pu être amené à envisager la convenance d'adopter une hypothèse différente comme celle que préconisait M. Drzewiecki

Les expériences sur l'action de violents courants d'air agissant contre des palettes immobiles, de formes et de dimensions variées, expériences qui ont pu être exécutées dans le Laboratoire aérodynamique de M. Eiffel, ont permis à M. Drzewiecki d'étudier avec soin l'action des courants d'air sur ces ailettes et d'établir les formules qui doivent résulter de l'application de l'hypothèse qu'il admet et donnent les moyens de calculer les données d'établissement des meilleurs types d'hélices aériennes à employer comme propulseurs.

Les titres des principaux chapitres de son Ouvrage suffisent pour donner une idée de l'importance de ses travaux.

On y trouve, en effet, la détermination des principaux éléments de l'aile : pas et incidences, celle du rapport de compatibilité et du rendement avec des abaques et tables de calcul pour cette détermination, puis également la détermination des paramètres caractéristiques de l'aile pour les ailes à incidence constante et les ailes à pas constant, et enfin des consi-

dérations sur la largeur et la forme à donner à ces ailes pour obtenir un effet optimum des hélices.

Un chapitre spécial traite de l'action de l'hélice sur le fluide, étudie l'influence d'une aile sur l'autre et met en évidence la conception d'un fluide tournant avec l'hélice. L'auteur explique la contradiction apparente de cette théorie, avec les déterminations expérimentales, par l'inertie des appareils manométriques habituellement employés pour mesurer les vitesses du fluide déplacé : anémomètres et tubes de Pitot.

Par des expériences ingénieuses effectuées, au Laboratoire Eiffel, en faisant usage de la méthode stroboscopique, M. Drzewiecki a montré que son hypothèse est exacte et il a pu tirer de ces expériences des conséquences pratiques remarquables, en établissant les règles de construction de moulinets ou hélices réceptrices dont la rotation est produite par l'action du courant sur les ailes et qui sont employés notamment, en les rendant autorégulateurs, pour le service des machines auxiliaires, dynamos, des avions.

Il nous reste encore à mentionner que M. Drzewiecki a déterminé, par le calcul, la fatigue des hélices résultant de la force centrifuge comme de la poussée et a montré le moyen d'établir des compensations entre ces deux actions et par suite celui de construire des ailes compensées. Il démontre ainsi qu'il est à peu près impossible d'établir, avec les ailes en bois, des compensations suffisantes pour empêcher la rupture des ailes sous l'action de la force centrifuge, ce qui doit amener à adopter l'usage d'ailes en métal.

Pour faciliter les calculs auxquels donne lieu l'application des formules qu'il a établies, M. Drzewiecki a ajouté à son Ouvrage des abaques et des tables qui en augmentent encore la valeur.

On peut, il est vrai, signaler que les travaux de M. Drzewiecki, dont il s'agit, ne l'ont pas amené à établir une formule générale pour la détermination des hélices qui peuvent convenir à des conditions déterminées, ce qui peut tenir à ce qu'en réalité l'hypothèse qu'il admet de l'indépendance des actions exercées par les ailettes isolées sur les tranches d'air attaquées n'est pas entièrement applicable à l'ensemble d'une hélice donnée et ne se vérifie en réalité que pour la partie voisine de la périphérie et moins pour les hélices à deux ailes, tandis que l'hypothèse de Rankine s'applique, dans une étendue à déterminer, à la partie voisine du centre.

C'est en tenant compte de ce fait que notre confrère M. Rateau a pu récemment établir sa Théorie des Hélices propulsives marines et aériennes

des avions en vol rectiligne, qui a fait réaliser un nouveau progrès dans la construction des hélices motrices des aérostats, mais ces travaux de notre confrère n'enlèvent pas le mérite de ceux de M. Drzewiecki.

Ces indications montrent qu'il s'agit dans l'Ouvrage qui est présenté à l'Académie d'une œuvre importante, fruit de longues études et de remarquables travaux, et elles justifient l'attribution, que la Commission propose du Prix Montyon de Mécanique à M. **Stéphane Drzewiecki.**

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Lecornu, Mesnager, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin; Vieille et Kœnigs, rapporteurs.)

La Commission a constaté que la question posée pour 1917 et reportée à 1920 : « *Étude théorique et expérimentale de la question des turbines à combustion ou à explosions* » n'avait donné lieu à la présentation d'aucun travail susceptible d'être retenu.

Elle a été saisie d'autre part d'études importantes de Mécanique appliquée auxquelles le prix Fourneyron, non décerné depuis cinq ans, est applicable.

La Commission propose à l'unanimité d'attribuer sur le prix Fourneyron et ses arrérages :

1° Un prix de $1000^{fr}$ à MM. **Joseph Auclair**, ingénieur du laboratoire de mécanique de la Faculté des sciences, et **Alfred Boyer-Guillon**, chef de section au laboratoire d'essai du Conservatoire national des arts et métiers, pour leurs travaux théoriques et pratiques sur la mesure de l'accélération d'un point d'un corps animé d'un mouvement périodique;

2° Un prix de $1000^{fr}$ à M. **Eugène Burlot**, ingénieur de $1^{re}$ classe des poudres et salpêtres à la poudrerie de Sevran-Livry, pour l'ensemble de ses travaux concernant la propagation des ondes de choc dans l'air et dans l'eau.

*Rapport de M.* Kœnigs *sur les travaux de MM.* **Auclair** *et* **Boyer-Guillon.**

Depuis plusieurs années, MM. **Auclair** et **Boyer-Guillon** poursuivent des recherches sur des types divers d'accéléromètres, appareils permettant

de déterminer dans des conditions variées l'accélération d'un point d'un corps animé d'un mouvement périodique. Après avoir établi d'abord un appareil à maxima donnant l'accélération maximum dans un mouvement périodique de translation rectiligne, appareil dont le premier exemplaire fut construit au Conservatoire des Arts et Métiers, ces savants en ont conçu et réalisé d'autres qui ont été construits dans l'atelier du laboratoire de Mécanique de la Faculté des Sciences de Paris. Ces appareils ont pour objet, soit la détermination de l'accélération de rotation, pour un angle de calage donné, mais quelconque, de l'arbre d'un moteur, soit la détermination de trois valeurs échelonnées de l'accélération d'un corps solide, soit même l'enregistrement continu de l'accélération.

Ces appareils mettent en œuvre des procédés mécaniques très ingénieux, souvent même très fins. Ils ont déjà rendu des services signalés dans l'étude des trépidations des véhicules (wagons, voitures, autobus), des planchers des immeubles. Ceux qui s'appliquent à la rotation permettent d'instituer une méthode pour l'étude des variations cycliques de la vitesse d'un moteur. Enfin les inventeurs ont montré qu'avec leurs appareils, convenablement utilisés, ils peuvent procéder à une exploration systématique de la distribution de l'accélération dans un solide animé d'un mouvement périodique.

Aucun candidat n'ayant fourni de réponse à la question posée pour le prix Fourneyron en 1920, la Commission propose de le décerner à MM. **Auclair** et **Boyer-Guillon** pour reconnaître le grand intérêt que présentent les nouveaux instruments de mesures mécaniques qu'ils ont imaginés, étudiés, construits et expérimentés.

*Rapport de M.* Vieille *sur les travaux de M.* **Burlot.**

Le développement considérable de la fabrication et de l'emploi des explosifs pendant la dernière guerre a soulevé des problèmes théoriques et pratiques importants concernant la propagation des ondes de choc dans l'air et dans l'eau et leurs effets mécaniques destructeurs ou excitateurs de la détonation à distance.

M. l'Ingénieur des Poudres **Burlot** a rempli le rôle le plus actif dans les Commissions chargées de ces études : il a organisé et exécuté des expériences extrêmement nombreuses nécessaires à l'établissement des règles de sécurité indispensables pour éviter le retour des catastrophes survenues dans les usines ou dans les grands stockages d'explosifs.

Au cours de ces études, M. Burlot a obtenu par des dispositifs d'une remarquable simplicité quelques données importantes pour la théorie des ondes de choc.

On peut citer notamment :

1° Une Note sur les vitesses de propagation des ondes de choc aériennes dans la région voisine du centre d'explosion : ainsi que le remarque l'auteur, ces recherches se heurtent à une difficulté particulière : la destruction des appareils mis en œuvre à chaque expérience.

Par l'emploi de détecteurs d'onde constitués par des amorces au fulminate de mercure et par la mesure de l'intervalle de temps qui sépare leurs indications au moyen de la méthode du cordeau détonant de Dautriche, M. Burlot a pu réaliser un mode opératoire assez simple pour se prêter à la réitération par centaines des essais.

C'est ainsi qu'il a pu contrôler la marche des ondes de choc se propageant autour d'une charge de $4^{kg}$ de mélinite détonant à l'air libre et déterminer les vitesses et la loi de décroissement dans les divers azimuts.

Ces expériences commencent à permettre d'apprécier l'influence sur les vitesses du sens de la détonation excitatrice, de la densité de l'explosif et de sa masse, et de pénétrer ainsi dans un domaine inabordé jusqu'à ce jour.

2° Une Note sur la vitesse des éclats des enveloppes métalliques au voisinage d'un centre explosif.

Cette mesure des vitesses d'éclats présente un grand intérêt parce qu'il est établi que des projectiles de vitesse suffisante sont susceptibles non seulement d'enflammer mais de faire détoner les explosifs considérés comme les moins sensibles.

C'est encore l'application de la méthode du cordeau détonant qui a permis à M. Burlot d'effectuer ces mesures.

3° M. Burlot a fait l'étude et la mise au point d'un détecteur d'onde de choc dans les explosions sous-marines.

Le dispositif se prête à la fois aux expériences pratiques avec grandes charges et aux essais de laboratoire sur petites charges permettant une expérimentation véritable avec réitération et séparation des variables influant sur le phénomène telles que la force de l'explosif, son potentiel, sa vitesse de détonation et sa densité.

Ce détecteur constitue un instrument de travail des plus fructueux.

Cet ensemble de travaux poursuivis par M. **Burlot** soit comme membre de Commissions techniques, soit à titre entièrement personnel, a paru à la

Commission de nature à mériter un prix de $1000^{fr}$ qu'elle propose de prélever sur les arrérages du prix Fourneyron.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Mesnager, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin ; Kœnigs, rapporteur.)

M. **Jean Villey**, actuellement maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Rennes, a été à même, au cours de ces dernières années, de suivre de très près les nombreux essais qui ont été tentés dans diverses voies en vue d'adapter à l'aviation les moteurs industriels courants. Le problème de leur utilisation aux hautes altitudes, posé d'abord par les nécessités militaires, a acquis un regain d'intérêt en raison du rôle d'après-guerre que l'on espère voir jouer à l'aviation. Les nombreux dispositifs ou procédés que l'on a proposés pour le résoudre sont évidemment de valeur très inégale, ou du moins ils nous apparaissent tels en l'état actuel ; il était pourtant à désirer qu'une sorte de catalogue raisonné en fût dressé et qu'ils fussent groupés en une étude d'ensemble conduite selon les règles de la critique scientifique. C'est cette œuvre que M. Villey a voulu accomplir en utilisant les essais dont il a été témoin ou auxquels il a lui-même participé. Ses travaux sur cette matière ont été l'objet de publications récentes.

Pour marquer l'intérêt qu'elle prend à voir se produire de travaux scientifiques orientés vers la Mécanique appliquée, et dans un vif désir de les encourager, la Commision propose de décerner le prix de Parville pour 1920 à M. **Jean Villey**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## ASTRONOMIE.

### PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Hamy, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Emile Picard; Baillaud, rapporteur.)

La Commission est unanime à proposer de décerner le prix Lalande à **Léopold Schulhof**, ancien calculateur principal au Bureau des Longitudes, bien connu de l'Académie, pour sa révision de l'important catalogue de mouvements propres de 2641 étoiles publié par J. Bossert en 1896 dans les *Annales de l'Observatoire de Paris* (Observations pour 1888).

Cette révision avait été commencée par Bossert lui-même qui y avait introduit plus de 3000 étoiles dont les mouvements propres lui avaient paru offrir une réalité indiscutable. De ces 3000 mouvements propres, 2000 avaient été déterminés par lui.

L'impression de ce second catalogue était commencée, quand Bossert mourut le 22 juin 1906. Lœwy, directeur de l'Observatoire, confia à M. Schulhof le soin de la terminer. Bossert avait écrit l'Introduction qui, avec un court historique, donne l'indication des catalogues ou recueils auxquels les mouvements propres étaient empruntés; il admettait que le vingtième de seconde d'arc est la limite de ce qui peut être mis en évidence.

M. Schulhof s'est proposé non seulement de rechercher les autorités et de tout vérifier, mais aussi de donner, pour toutes les étoiles du catalogue, les diverses déterminations de leurs mouvements propres, bonnes ou médiocres. Il a, à l'occasion, apporté des modifications aux coordonnées elles-mêmes.

Des Notes nombreuses (p. B.1 à B. 131; C.45 à C. 128) donnent, pour chaque étoile, diverses particularités. L'exposé lui-même (p. C. 1 à C. 46), écrit en un style élégant et clair, dans lequel il est question aussi des nébuleuses planétaires et des nébuleuses spirales, constitue une très intéressante histoire, divisée en 12 rubriques différentes, des progrès de l'astronomie sidérale dans les 50 dernières années.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX DAMOISEAU.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard; Hamy, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

*Perfectionner en quelques points importants les travaux de Poincaré et de M. Liapounoff sur les figures d'équilibre relatif d'une masse fluide en rotation, soumise à l'attraction newtonienne.*

*L'Académie appelle particulièrement l'attention sur la question de la stabilité et l'étude des oscillations infiniment petites autour d'une figure stable.*

La Commission propose de ne pas décerner le prix et de maintenir cette question au concours pour le prix de 1923.

La question suivante, déjà proposée en 1917, se trouvait également au concours cette année :

*Calculer plus exactement, en tenant compte des résultats des expéditions récentes, l'attraction de la Lune sur le bourrelet formé à la surface de la Terre par les marées. Examiner l'effet de cette attraction sur la vitesse angulaire de rotation de la Terre.*

Aucun Mémoire n'a été présenté.

Le prix n'est pas décerné et la Commission propose de retirer la question du concours.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Deslandres, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard; Bigourdan, rapporteur.)

M. **Ernest Maubant** a déterminé, en 1908, les grandes perturbations subies par la comète Tempel-Swift, et qui avaient empêché de la revoir après 1892. Grâce à ces calculs, qui ont porté sur 11 années, la comète a pu être retrouvée par Javelle, à Nice, le 29 septembre 1908.

Dans la suite, M. Maubant, par le calcul de 22 années de perturbations, a pu relier les trois apparitions 1869-1870, 1880-1881 et 1891-1892 de la

même comète, et donner sur ce sujet un travail important dans le Tome XXX des *Annales de l'Observatoire de Paris*.

M. Maubant a calculé également les perturbations de la comète Tempel$_2$ pendant 5 ans, et ainsi cet astre a pu être retrouvé le 16 mai 1915, par M. Delavan, à La Plata. En outre, les éléments ainsi obtenus ont permis d'identifier avec la même comète Tempel$_2$ une comète rencontrée accidentellement par M. Kudara à Kyoto (Japon), et qu'une erreur de transmission avait empêché d'apercevoir en Europe. Deux mois après (1920 juillet 18), M. Schaumasse, à Nice, a rencontré la même comète, que les éléments de M. Maubant ont encore permis d'identifier.

Votre Commission vous propose d'attribuer le prix Valz à M. **Ernest Maubant**, aide-astronome à l'Observatoire de Paris, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## MÉDAILLE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard; Deslandres, rapporteur.)

A l'unanimité, la Commission propose que le prix soit décerné à M. le Dr **William-W. Coblentz**, physicist of the Bureau of standards, à Washington, pour ses beaux travaux sur le rayonnement infra-rouge des sources terrestres et des étoiles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX PIERRE GUZMAN.

(Commissaires : MM. Deslandres, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard; Bigourdan, rapporteur.)

L'Académie a, cette année, à décerner un de ses prix d'Astronomie les plus importants, celui qui provient des intérêts accumulés pendant 5 ans du fonds Pierre Guzman. D'après les conditions imposées, ce prix doit être attribué à des recherches sur des planètes de notre système solaire.

Votre Commission a remarqué, comme rentrant dans ce cadre, les travaux de MM. **François Gonnessiat**, **René Jarry-Desloges** et **Joanny-Ph. Lagrula**.

Depuis plusieurs années, M. Gonnessiat, directeur de l'Observatoire d'Alger, Correspondant de notre Académie, s'est attaché particulièrement à l'observation photographique des petites planètes, et a donné un remarquable développement à cette branche de l'Astronomie, sur laquelle les observateurs français ont porté jusqu'ici une large part de leurs efforts.

De son côté, M. Jarry-Desloges poursuit, depuis environ quinze ans et en des stations variées, avec de puissants instruments acquis de ses deniers, des observations physiques sur les planètes et particulièrement sur Mars. Il est devenu ainsi chez nous un des spécialistes les plus autorisés dans cet ordre de recherches, et récemment il a signalé sur Mars la réapparition de détails qui n'avaient pas été aperçus depuis plus de 25 ans. En même temps, il a aussi apporté une contribution appréciée à l'étude des images télescopiques.

Enfin M. Lagrula, astronome à l'Observatoire de Nice, a imaginé et réalisé un dispositif qui lui permet de distinguer rapidement, parmi les astres qui sont dans le champ de sa lunette, ceux qui sont des petites planètes; et, par ce moyen, il en a retrouvé un assez grand nombre.

La Commission vous propose d'attribuer 5000$^{fr}$ à M. **François Gonnessiat**, 5000$^{fr}$ à M. **René Jarry-Desloges** et 4000$^{fr}$ à M. **Joanny-Ph. Lagrula**.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## GEOGRAPHIE.

### PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte ; Favé, rapporteur.)

M. **Georges Bruel**, administrateur en chef honoraire des Colonies, a consacré la plus grande partie de son existence à l'étude des vastes territoires qui constituent l'Afrique équatoriale française. De 1896 à 1911 il n'a cessé d'explorer les zones les moins connues et les plus difficilement accessibles du Gabon, du Moyen Congo, de l'Oubangui et du Chari. Ses

levés d'itinéraires, ses déterminations de positions astronomiques, ses observations météorologiques et altimétriques lui ont permis d'effectuer des assemblages cartographiques de grande valeur comprenant ses travaux personnels et ceux de divers collaborateurs. Continuant son œuvre par l'établissement d'une bibliographie complète de cette vaste région, il a pu consulter à peu près toutes les publications et tous les documents manuscrits qui s'y rapportent. Il s'est consacré en dernier lieu à concentrer dans un remarquable Ouvrage intitulé : *L'Afrique équatoriale française; le Pays, les Habitants, la Colonisation, les Pouvoirs publics* », tous les renseignements géographiques actuellement connus sur l'une des parties les plus intéressantes et les plus riches de notre empire colonial.

La Commission propose de décerner le prix Delalande-Guérineau à M. **Georges Bruel** pour l'ensemble de ses travaux relatifs à l'Afrique équatoriale française.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte ; Grandidier, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

## FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Edmond Perrier, Guignard; le prince Bonaparte, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Auguste Chevalier**, directeur de l'Institut scientifique de l'Indo-Chine, à Saïgon.

Les premiers voyages botaniques de M. Auguste Chevalier eurent lieu en Afrique occidentale française, puis dans l'Afrique équatoriale. Appelé ensuite en Indo-Chine il y accomplit deux importantes missions. La première dura cinq mois (1913-1914) et la seconde vingt-sept (1917-1919). Au cours de ces deux missions M. Chevalier étudia spécialement la flore des forêts ainsi que la répartition de celles-ci au point de vue de leur exploita-

tion. Il a notamment exploré les massifs montagneux les plus difficilement accessibles en ce moment et sur lesquels on trouve la flore la plus variée. Au cours de ces voyages, d'importantes collections de fougères ont été faites qui renferment beaucoup de nouveautés.

Les régions suivantes ont été particulièrement explorées :

En Cochinchine : le Nui-Dinh, $400^m$ d'altitude, aux environs de Baria; le Nui-Chua-Chan, $830^m$ d'altitude, dans la province de Bienhoa.

Au Cambodge : la montagne de l'Éléphant, Popokville, $950^m$ d'altitude, dans la région de Kampot.

En Annam : le massif du Lang-Bian et ses contreforts de $1000^m$ à $1500^m$ d'altitude, ainsi que le Pic du Lang-Bian, $2200^m$; enfin le Honba, montagne mise en aménagement par l'Institut Pasteur de Nahtrang, environ $1500^m$.

Au Tonkin : le massif de Chapa sur la frontière du Yunnan, $1500^m$; le mont Bavi, près de Sontay, $1200^m$.

Au cours de ces diverses explorations, M. **Chevalier** a recueilli environ 6000 numéros d'Herbier qui ont été répartis entre le Muséum national d'Histoire naturelle à Paris et l'Institut scientifique de Saïgon. Il s'est plus spécialement attaché à l'étude des produits naturels utiles à l'homme fournis par les végétaux spontanés.

Les principaux résultats de ces recherches ont été publiés dans une série de Mémoires.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. A. Grandidier, Bertin, Fournier, Bourgeois, Favé, Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte; Lallemand, rapporteur.)

Le capitaine **Marcel Augiéras**, des Compagnies sahariennes, a exécuté, de 1913 à 1917, une série de reconnaissances importantes dans la partie occidentale du Sahara comprise entre le Tafilalet au Nord, le Taoudéni au Sud et l'oued Saoura-Messaoud à l'Est.

A l'aide de ses travaux personnels, complétés par ceux des officiers et sous-officiers, tant indigènes qu'européens, qui collaborèrent avec lui à la pacification de ces territoires désertiques, il a pu dresser une carte

d'ensemble, au $\frac{1}{500\,000}$, d'une vaste région de plus d'un million de kilomètres carrés de superficie. A cette carte, il a joint un intéressant Mémoire comprenant : *a.* un aperçu géographique sur le Sahara occidental (historique des explorations, morphologie, géographie régionale, climat, faune, flore, préhistoire); *b.* une note claire et concise indiquant le mode de construction de cette carte et le degré d'exactitude qu'on en peut attendre.

Cette œuvre, sincère et consciencieuse, est d'une grande importance géographique; aussi, la Commission propose-t-elle de récompenser son auteur en lui attribuant le prix Binoux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## NAVIGATION.

### PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Sebert, Bertin, Lallemand, Lecornu, Fournier, Kœnigs, Mesnager; Vieille, Bourgeois et Favé, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 4000fr à MM. le général **Fernand Gossot**, de l'artillerie coloniale, et **Roger Liouville**, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, pour leur Ouvrage intitulé : *Traité des effets des explosifs* et leurs recherches de balistique intérieure ;

Un prix de 1500fr à M. **Pierre de Vanssay de Blavous**, ingénieur hydrographe en chef de la marine, pour l'ensemble de ses travaux ;

Un prix de 500fr à M. **René Risser**, chef du service de l'actuariat au Ministère du travail, répétiteur auxiliaire d'analyse à l'Ecole Polytechnique, pour ses travaux de balistique extérieure.

*Rapport de M.* Vieille *sur le Traité des effets des explosifs et les recherches de balistique intérieure de MM.* **Gossot** *et* **Liouville**.

Le *Traité des effets des explosifs*, en trois volumes, présenté par MM. **Gossot** et **Liouville**, constitue une œuvre considérable qui expose

les recherches poursuivies par les auteurs depuis près de trente années sur les points les plus délicats de la théorie des explosifs et de la balistique intérieure.

L'Ouvrage actuel constitue un développement très important des travaux publiés en 1905 et 1913 par ces auteurs, mais procédant de la même méthode.

Cette méthode consiste à ne demander à l'équation différentielle du mouvement que la notion de relation nécessaire entre des groupements d'éléments balistiques, trois variables pour les vitesses et deux pour les pressions : mais la forme même des fonctions qui relient ces variables ainsi que leurs coefficients sont demandés à l'expérience.

Les auteurs exposent, dans des chapitres du plus haut intérêt, les raisons qui les ont conduits à préférer cette méthode à des solutions analytiques qui ne sont obtenues que par des hypothèses simplificatrices permettant l'intégration des équations du mouvement.

Les travaux des auteurs de 1905 et 1913 concernaient la région assez restreinte dans laquelle évoluaient les conditions de tir de combat de l'artillerie navale.

Au cours de la guerre le champ de variation des éléments balistiques s'est considérablement accru par la fusion des matériels d'artillerie terrestre et navale.

D'autre part, le tir des canons à longue portée qui ont bombardé Paris a provoqué l'étude de conditions de tir ne permettant plus de négliger la force vive des gaz de la charge.

Sur ce dernier point les auteurs obtiennent, par l'étude du problème de Lagrange, une base théorique d'appréciation de cette influence qui avait été vainement cherchée jusqu'à ce jour.

D'autre part, l'ensemble des expériences effectuées par les artilleries navales et terrestres depuis 1906, en y comprenant celles de la guerre de 1914, a permis aux auteurs d'adapter leurs formules aux faits nouveaux tout en accentuant leur facilité d'emploi.

Cette facilité d'emploi est en effet une qualité primordiale que les auteurs ont cherché à obtenir en consacrant tout le Tome III au Manuel du praticien. Dans ce volume, ils ont réuni aux données et tables de toute nature nécessaires à l'emploi commode des formules les types de calculs complètement effectués appliqués à un grand nombre de problèmes qui se sont présentés au cours de la guerre mondiale.

*Rapport de M.* L. FAVÉ *sur les travaux de M.* **DE VANSSAY.**

Depuis 1892 M. **DE VANSSAY**, ingénieur hydrographe en chef de la Marine, a pris part à de nombreuses missions hydrographiques dont deux en Indo-Chine et deux à Madagascar. Ses travaux ont donné lieu à la publication d'un grand nombre de cartes et à celle de rapports d'un grand intérêt sur les trois missions lointaines dont il a eu la direction.

D'autres rapports sur un ensemble de missions organisées en 1895 par le Bureau des Longitudes pour l'étude du magnétisme terrestre et en particulier sur celle du Sénégal dont il a été le chef, sur la chronométrie, sur l'aménagement d'un certain nombre de ports de notre littoral, ont été insérés dans divers recueils.

Chef du groupe de canevas de la X[e] armée pendant toute la durée de la guerre, M. **DE VANSSAY** a eu à faire usage de photographies prises en avion pour l'établissement des plans directeurs sur les fronts français et italiens. Il a publié en 1919 un Mémoire sur cette application de la photographie qui présente un haut intérêt pour l'avenir de la topographie.

*Rapport de M. le général* BOURGEOIS *sur les travaux de M.* **RISSER.**

Officier d'artillerie pendant la guerre, M. **RISSER** a été appelé à étudier diverses questions de balistique et ses travaux sont exposés dans des Notes dont les principales traitent les sujets suivants :

*a*. Établissement des Tables de tir, étude des variations de portée et de dérivation dues au vent.

*b*. Essai de recherche de formules représentatives de trajectoires dans les tirs à grande et à faible vitesse.

*c*. Comparaison de la méthode des vitesses fictives et de la méthode par arcs successifs pour le tracé des trajectoires et l'établissement des Tables de tir.

*d*. Emploi d'abaques pour le tir en montagne.

*e*. Procédé de réglage du tir par coups fusants (en collaboration avec le commandant Dufrénois).

Les recherches de M. Risser offrent de l'intérêt pour l'amélioration des procédés de calcul des Tables de tir et en particulier pour les corrections à effectuer d'après les mesures de la vitesse du vent aux diverses altitudes.

Les problèmes auxquels donne lieu le tir de l'artillerie en haute mon-

tagne ont pris une importance toute particulière en Italie et en Macédoine. Les abaques établis d'après les méthodes et les calculs de M. Risser ont rendu de grands services sur ces deux fronts.

Tout progrès de la balistique présentant de l'intérêt pour l'efficacité de nos forces navales, la Commission propose d'attribuer à M. **Risser** une part de 500fr du prix de la Marine.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Bourgeois, Kœnigs, Favé, Mesnager; Bertin et Fournier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2000fr à M. **Charles Doyère**, ingénieur général des constructions navales, pour l'ensemble de ses travaux relatifs à la marine de guerre, et particulièrement pour les services qu'il a rendus pendant la guerre;

Un prix de 1000fr à M. **Édouard Tournier**, capitaine de frégate de réserve, pour son Ouvrage intitulé : *Guide pratique à l'usage des mécaniciens pour calculer les pertes internes dans les machines et déterminer le rendement.*

### *Rapport de M.* Bertin *sur les travaux de M.* **Ch. Doyère.**

Dans l'impossibilité où, pendant la guerre, l'industrie française se trouvait de construire des moteurs, M. **Doyère** a utilisé les machines de tous les torpilleurs qui n'avaient plus de valeur militaire, pour en munir les nouveaux navires dont la nécessité se révélait. Il a pu ainsi doter la marine de canonnières de canaux et de mer, de chasseurs de sous-marins, et en particulier de canonnières camouflées en cargos, qui ont ménagé de dangereuses surprises aux sous-marins qui les attaquaient.

### *Rapport de M. l'amiral* Fournier *sur l'Ouvrage de M.* **E. Tournier.**

M. le Commandant **E. Tournier** a fait hommage à l'Académie d'une publication récente ayant pour titre : *Guide pratique à l'usage des mécaniciens pour calculer les pertes internes dans les machines et déterminer leur rendement.*

Cette méthode de contrôle et de perfectionnement est de nature à rendre d'importants services aux Compagnies de navigation. Elle donne, en effet, un moyen simple et pratique d'évaluer la valeur économique d'une machine neuve, dès la première sortie du navire.

Elle permet, en outre, d'en régler le débit de manière à diminuer le plus possible ses pertes internes et, par suite, la dépense improductive du combustible en résultant, dans une mesure pouvant atteindre 20 pour 100.

Votre Commission, s'inspirant du besoin qui s'impose, aujourd'hui surtout que le prix du charbon est si élevé, d'en réduire, par tous les moyens, la consommation courante, notamment en encourageant les recherches telles que celles du Commandant **E. Tournier**, qu'il vient de conduire à bon terme après de longs et persévérants efforts, ainsi qu'il ressort de sa dernière publication, appuyée sur des considérations théoriques intéressantes et en partie nouvelles, vous propose d'en récompenser l'auteur.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PHYSIQUE.

### PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Sagnac**, professeur adjoint à la Faculté des sciences, pour l'ensemble de ses travaux de physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

### PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Bouthillon**,

ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, répétiteur à l'École Polytechnique, pour ses divers travaux et publications sur la Télégraphie sans fil.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Frédéric Laporte**, ingénieur civil des Mines, sous-directeur du Laboratoire central d'électricité, pour ses travaux sur les étalons électriques et la photométrie des lampes électriques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Violle, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Lippmann, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder la subvention à M. **Amédée Guillet**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur la chronométrie et l'entretien électrique du mouvement du pendule.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

---

# CHIMIE.

---

## PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Lemoine, Le Chatelier, Bourquelot, Schlœsing, Maquenne; Haller et Moureu, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner le prix de $2500^{fr}$ à M. **Léonce Barthe**, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux, pour ses travaux relatifs

à l'hygiène et à l'assainissement des ateliers, et d'accorder une mention de 1500fr à M. **Paul Goissedet**, préparateur au laboratoire d'études chimiques de guerre du Conservatoire national des Arts et Métiers, et une mention de 1000fr à M. **Henri Guinot**, chimiste au même laboratoire, pour leur contribution à la préparation de divers gaz de combat.

*Rapport de M.* Haller *sur les travaux de M.* **Léonce Barthe.**

Comme professeur adjoint de Toxicologie à la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux et secrétaire général du Conseil départemental d'hygiène de la Gironde, le Dr **L. Barthe** a fait une série de recherches se rapportant à ses fonctions. Parmi ses nombreux travaux relatifs à l'hygiène et à l'assainissement des ateliers, nous ne citerons que ceux ayant trait : 1° à la composition des émaux et des ustensiles culinaires, notamment de ceux en aluminium et de ses alliages avec le cuivre; 2° à la présence de la poussière de plomb dans certains ateliers où l'on emploie les machines linotypes; 3° à un procédé de stérilisation du catgut chirurgical adopté par la marine, etc.

En sa qualité de pharmacien principal, M. **L. Barthe** a, en outre, dirigé avec beaucoup d'autorité, pendant la guerre, le service d'assainissement de la 18e région.

*Rapport de M.* Ch. Moureu *sur les travaux de MM.* **Goissedet** *et* **Guinot.**

M. **Goissedet**, préparateur du cours de Chimie générale au Conservatoire national des Arts et Métiers, a contribué à d'importantes études poursuivies, sous la direction du professeur Job, sur la fabrication de divers gaz de combat.

M. **Guinot** a collaboré avec M. Job au cours de différentes études chimiques de guerre.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Lemoine, Le Chatelier, Moureu, Schlœsing, Maquenne; Haller et Bourquelot, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner un prix de 5000fr à M. **Henri Gault**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux de

chimie organique; un prix de 5000$^{fr}$ à M. **Henri Hérissey**, professeur agrégé à l'École supérieure de pharmacie de Paris, pour ses travaux sur les principes immédiats d'origine végétale.

*Rapport de M.* Haller *sur les travaux de M.* **Henri Gault**.

Les très délicates recherches de M. **Henri Gault**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, ont porté : sur les $\alpha\alpha'$-dicétodiacides, obtenus en partant des produits de condensation des aldéhydes avec l'éther oxalacétique; sur les aminoacides et sur les aminocétones; enfin sur toute une série d'$\alpha$-cétoacides. Au cours de ces études, l'auteur a apporté d'heureuses modifications à la méthode de préparation de l'acide glutarique et de l'éther oxalacétique et a imaginé de nouveaux procédés permettant une préparation plus commode et plus économique des acides tricarballylique et phénylpyruvique.

L'ensemble de ces recherches comprend 27 Mémoires et Notes, dont six en collaboration avec son maître, M. Blaise. Il témoigne d'une grande ingéniosité d'esprit, d'une non moins grande persévérance et d'une habileté expérimentale consommée. Interrompues pendant la guerre, au cours de laquelle l'auteur a fait vaillamment son devoir tant au front qu'à l'arrière, ces études ont été reprises au poste d'honneur qui lui a été confié à l'Université de Strasbourg.

*Rapport de M.* Em. Bourquelot *sur les travaux de M.* **H. Hérissey**.

M. **Hérissey** a fait la plupart de ses travaux dans le domaine de la chimie des principes immédiats d'origine végétale.

Seul ou en collaboration avec d'autres chercheurs, il a découvert un certain nombre de ces principes qui ont tous été étudiés avec le plus grand soin et dont la constitution chimique, pour quelques-uns d'entre eux, a été établie d'une façon définitive. C'est ainsi qu'il a isolé en 1905 le glucoside générateur d'acide cyanhydrique du laurier-cerise; antérieurement, cette extraction avait été tentée en vain par de nombreux chimistes, en particulier par Liebig. Après en avoir élucidé la constitution, M. Hérissey a préparé artificiellement ce glucoside, la prulaurasine, en hydrolysant partiellement l'isoamygdaline par un enzyme approprié. Il a retrouvé la prulaurasine à l'état naturel dans le *Cotoneaster microphylla* Wall., tandis qu'il décelait dans le Cerisier à grappes (*Cerasus Padus* Delarbr.) et dans le *Photinia serrulata* Lindl., la présence d'un glucoside cyanhydrique iso-

mère, l'*amygdonitrile glucoside* ou *prunasine*, préparé déjà, artificiellement, par Em. Fischer, mais non encore trouvé chez les êtres vivants.

Avec M. Bourquelot, M. Hérissey a établi les relations qui existent entre les divers glucosides isomères : sambunigrine, prulaurasine et prunasine, fournissant dans leur dédoublement par l'émulsine, du glucose, de l'acide cyanhydrique et de l'aldéhyde benzoïque.

Avec le même collaborateur, il a découvert et isolé l'*aucubine*, la *bakankosine*, la *geïne*, glucosides hydrolysables soit par l'émulsine, soit par un ferment spécial; il a étudié la *gentiopicrine* dont l'un des deux produits de dédoublement, la *gentiogénine*, a été obtenu pour la première fois à l'état pur et cristallisé; il a déterminé la constitution du gentianose, hexotriose de la gentiane, et isolé un hexobiose nouveau, le *gentiobiose*, résultant de l'hydrolyse ménagée de ce dernier. Il a longuement poursuivi l'étude chimique des hydrates de carbone de réserve des graines à albumen corné (Légumineuses, Palmiers, Liliacées); il a étudié, au point de vue chimique, l'utilisation de ces substances par la plante, travaux qui ont établi qu'elles sont constituées principalement par des *galactanes* et des *mannanes* et que celles-ci sont transformées respectivement en galactose et en mannose sous l'influence d'enzymes spéciaux, sécrétés au cours de la germination.

Avec M. Bourdier, M. Hérissey a isolé l'*érytaurine*, glucoside de la petite Centaurée.

Avec M. Cousin, il a étudié l'action des ferments oxydants vrais (*aéroxydases*) des champignons sur un certain nombre de phénols : *thymol*, *parathymol*, *carvacrol*, *eugénol*, *isoeugénol*. En même temps qu'elles ont éclairé le mode d'action des ferments oxydants, ces recherches ont permis d'obtenir dans le plus grand état de pureté un grand nombre de corps, presque tous nouveaux, pour lesquels les auteurs, dans un but de comparaison et d'identification, ont été amenés, d'autre part, à améliorer et à instituer les méthodes de préparation purement chimiques. Les rendements obtenus attestent la valeur de ces méthodes.

Enfin, dans les années qui ont précédé la guerre, M. Hérissey a collaboré avec MM. Bourquelot, Bridel, Aubry et Coirre, à de multiples synthèses biochimiques de glucosides et de sucres; *salicyl-glucoside* β, *alcool-glucosides* α, *alcool-galactosides* β et α, gentiobiose, mannobiose.

Dans toutes les recherches qui viennent d'être énumérées, M. **Hérissey** a eu à appliquer de nombreuses méthodes d'analyse et de synthèse usitées en Chimie organique qu'il a pour la plupart créées ou perfectionnées. Il a ainsi largement contribué à la rénovation et au progrès de la Chimie végé-

tale, science qui, après avoir fourni au cours du siècle dernier, de si remarquables résultats aux chimistes français, paraissait depuis quelque temps relativement trop délaissée dans notre pays.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX L. LA CAZE.

Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Moureu, Bourquelot, Schlœsing, Maquenne; Le Chatelier, rapporteur.

M. **Robert de Forcrand de Coiselet** a débuté par des recherches très intéressantes et très délicates sur les hydrates que forment divers gaz ou composés volatils, tels que l'hydrogène sulfuré, l'hydrogène sélénié, le chlorure et l'iodure de méthyle. Malgré l'instabilité de ces composés nouveaux, formés à basse température et sous pression, M. de Forcrand est arrivé à fixer leur composition, leur tension de dissociation et leur chaleur de formation.

Entré ensuite au laboratoire de Berthelot, M. de Forcrand entreprit, sur les conseils de son maître, une longue série de recherches thermochimiques sur les composés organiques à fonction alcool ou phénol, dans le but de préciser le degré d'acidité de ces corps. Il fut conduit ainsi à formuler une théorie de l'acidité qui rend compte de beaucoup de faits, notamment de la constance dans l'acidité des composés organiques de même fonction, et de la valeur variable de l'acidité des composés minéraux. Elle permet de calculer à l'avance l'acidité d'un composé organique.

Au cours d'une étude sur l'eau oxygénée, M. de Forcrand fut amené à examiner de plus près les propriétés et les modes de préparation des peroxydes métalliques. Il obtint, pour la première fois, les peroxydes de calcium et de lithium, prouva la non-existence des prétendus peroxydes de zinc et, enfin, établit de nouvelles analogies entre les oxydes du lithium et du strontium.

Après une courte étude sur les hydrures de certains métalloïdes, M. de Forcrand consacra des recherches prolongées à la généralisation de la loi de Trouton aux phénomènes de dissociation. Il établit ce fait important que la valeur 20 du coefficient de Trouton n'est vraie que pour la vaporisation des corps liquides. Pour la vaporisation des corps solides, et surtout pour leur dissociation, ce coefficient est plus voisin de 30. Cette différence s'explique

par l'intervention de la chaleur de fusion qu'il faut ajouter à la chaleur de vaporisation du corps fondu.

Dans ces dernières années, M. de Forcrand s'est particulièrement occupé des hydrates salins : hydrates du sulfate de manganèse, du nitrate d'uranyle, de l'oxyde de cuivre, etc.

Indépendamment de ses recherches personnelles, M. de Forcrand a dirigé, en vue de la préparation de thèses de doctorat, les travaux de jeunes chimistes qui se sont depuis fait un nom dans la Science : MM. Massol, Villard, Baud, etc.; il a publié de nombreuses monographies scientifiques sur les outremers, les bisulfites, le plâtre. Il a enfin créé, à Montpellier, un Institut de Chimie où le niveau des études a été maintenu au-dessus de celui de la plupart des Instituts des autres Universités.

L'importance des résultats obtenus par M. de Forcrand, la persévérance avec laquelle il a continué à travailler, malgré les difficultés très grandes qu'il a rencontrées et l'insuffisance des ressources de son laboratoire, justifient le choix de votre Commission qui vous propose de décerner à M. **de Forcrand** le prix La Caze de Chimie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Lemoine, Le Chatelier, Bourquelot, Schlœsing, Maquenne; Haller et Moureu, rapporteurs.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre :

M. **Raymond Cornubert**, préparateur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux dans la série de la cyclohexanone;

M. **Paul Robin**, pharmacien à Tournus (Saône-et-Loire), pour ses études chimiques de guerre poursuivies dans les laboratoires de MM. Moureu et Bougault et pour ses travaux sur les oximes.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Lemoine, Le Chatelier, Moureu, Bourquelot, Schlœsing, Maquenne; Haller, rapporteur.)

Dans sa trop courte carrière, **Emile Baud**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, n'a pas publié moins de 15 Notes et Mémoires sur de

nombreuses combinaisons de l'aluminium, avec différents éléments ou composés, dont il a déterminé avec beaucoup de soin la constitution ainsi que les propriétés physiques.

Une autre partie de ses études (26 publications) a porté sur des composés arsenicaux et sur des sujets très divers de Chimie physique où il a montré autant de savoir et d'ingéniosité que d'habileté expérimentale.

D'une santé délicate, M. Baud, présumant de ses forces, a largement donné son concours, pendant la guerre, à la Défense nationale et a succombé au cours des efforts produits dans l'étude de certains explosifs. La Commission est unanime pour proposer d'attribuer à ses recherches le prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

### PRIX FONTANNES.

(Commissaires : MM. Barrois, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; Douvillé, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix au D[r] **Olivier Couffon**, secrétaire de la *Palæontologia universalis*, pour son Ouvrage intitulé : *Le Callovien du Chalet* (commune de Montreuil-Bellay) (245 pages avec un Atlas de 18 planches).

C'est une description très complète de la faune de ce gisement, célèbre par la belle conservation de ses fossiles. L'auteur donne une coupe détaillée du gisement et montre qu'il comprend deux zones distinctes : 1° zone à *Macrocephalites macrocephalus*, comprenant les couches à Gastropodes, la gangue est jaune foncé et empâte de nombreuses oolithes ferrugineuses; 2° zone à *Reineckia anceps*, avec gangue blanchâtre ou même blanche plus ou moins saccharoïde et seulement de rares oolithes. Les fossiles décrits et figurés sont au nombre de 230; particulièrement importants sont les Céphalopodes et surtout les Ammonites représentées par 47 espèces.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; Barrois, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné; il sera remis au concours en 1921.

## PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; de Launay, rapporteur.)

M. **Albert Bordeaux**, ingénieur civil des Mines, a porté dans les régions les plus diverses, le goût des observations scientifiques et le souci d'appliquer la géologie à la solution des questions minières. Nous citerons, comme présentant un intérêt tout particulier pour la connaissance de nos colonies françaises, ses travaux sur Madagascar, où il a découvert un gîte fossilifère fort intéressant. Il a également publié, dans les *Annales des Mines*, de beaux Mémoires sur les gisements d'or de la Transbaïkalie, de l'Afrique Sud-Occidentale, etc., et semble parfaitement désigné pour recevoir le prix Joseph Labbé.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

# BOTANIQUE.

## PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Dangeard, rapporteur.)

L'attention de la Commission a été retenue cette année par une œuvre d'ensemble ne contenant pas moins de 47 Notes, livres ou brochures dont

la plupart sont relatifs à l'étude des maladies des plantes cultivées : son auteur est M. **André Maublanc**, ingénieur agronome, ancien chef de travaux à la Station de pathologie végétale fondée par notre regretté confrère M. Prillieux.

Analyser ces recherches, ce serait un peu faire l'histoire de ce Laboratoire, car parmi les publications et les Rapports qui en sont sortis, beaucoup portent la signature de M. Maublanc; celui-ci, qui est un mycologue distingué, a d'autre part créé un assez grand nombre d'espèces nouvelles de champignons dont la description se trouve soit dans nos *Comptes rendus*, soit dans le *Bulletin de la Société mycologique*.

D'une mission au Brésil, M. Maublanc a rapporté une ample moisson de matériaux : la publication en est commencée; elle mérite d'être encouragée.

La Commission est unanime pour proposer d'attribuer cette année le prix Desmazières à l'ensemble des travaux de M. **André Maublanc** qui a été, en France, un des ouvriers de la première heure, dans la lutte entreprise contre les nombreux ennemis qui attaquent nos récoltes et diminuent par leurs ravages, d'une façon parfois désastreuse, la production agricole.

M. **Pierre Sée**, docteur en médecine et docteur ès sciences, est l'auteur d'un travail intitulé : *Les maladies du papier*.

Alors que jusqu'ici la destruction des vieux papiers et des vieux livres était attribuée à l'action presque exclusive des insectes, l'auteur y voit surtout l'œuvre de champignons microscopiques qui se développent dans les fibres du papier et le tachent par les pigments qu'ils sécrètent.

Ces champignons, dont la plupart appartiennent à des espèces ubiquistes, ont été isolés, cultivés et décrits avec tous leurs caractères botaniques : leurs spores ont servi à effectuer de nombreux essais de contamination sur papiers intacts, essais qui ont réussi.

L'ouvrage se termine par l'indication des moyens susceptibles de prévenir ou d'enrayer l'action destructive de ces organismes.

La Commission, tenant compte de l'intérêt pratique de ces sortes de recherches, propose d'accorder à M. **Pierre Sée** une mention honorable.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Guignard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Gaston Bonnier, rapporteur.)

Parmi les Mémoires déposés à l'Académie pour le prix de Coincy, la Commission a choisi l'ensemble des œuvres de M. **Lucien Hauman-Merck**, professeur à l'Université de Buenos-Aires, d'origine belge.

Ces travaux sont au nombre de seize et traitent, les uns de la Géographie botanique, les autres de la classification des plantes argentines ou de certains détails intéressant leur biologie.

Les plus importants de ces Ouvrages traitent de la distribution des végétaux dans les hautes Cordillères de Mendoza et de la Forêt Valdivienne, qui s'étend sur la côte du Pacifique sur presque 20° de latitude.

La plupart des autres Ouvrages de M. Hauman-Merck sont relatifs aux Gymnospermes et aux Monocotylédones de la République Argentine.

Devant l'importance que présente l'ensemble de ces publications, la Commission propose de décerner le prix de Coincy à M. **Hauman-Merck**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

### PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Bouvier, Marchal, Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte; Henneguy, rapporteur.)

Le prix Cuvier est un de ceux dont s'honorent les savants parce que son attribution consacre l'ensemble de leur œuvre. La Commission a pensé que M. **Alphonse Malaquin**, professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Lille, qui jusqu'ici n'a sollicité aucune récompense et dont les travaux sont cependant appréciés par tous les naturalistes, méritait de figurer sur la liste des lauréats du prix Cuvier.

Parmi les travaux de M. Malaquin, il en est deux principaux pour lesquels il a fait preuve de qualités qui le rangent parmi nos zoologistes les plus distingués. Dans ses *Recherches sur les Syllidiens*, en suivant avec soin les phénomènes de schizogamie, d'épigamie et de stolonisation chez les Annélides, il a fait connaître toute une série de faits nouveaux qui apportent une contribution importante à nos connaissances sur la reproduction non sexuelle. Son Mémoire sur le *Parasitisme évolutif des Monstrillides* a établi que ces Copépodes mènent une vie libre à l'état adulte et sont à l'état larvaire parasites du système vasculaire d'un petit Serpulien, la *Salmacina Dysteri*. Tandis que chez les autres Copépodes, le parasitisme amène progressivement la disparition des appendices locomoteurs, une déformation souvent considérable du corps et une dégénérescence des tissus, chez les Monstrillides, l'adaptation à la vie parasitaire retentit sur toute l'évolution. Le nauplius, après sa pénétration dans son hôte, subit une régression qui le ramène à l'état embryonnaire. Le nouvel embryon, qui vit dans les vaisseaux de la *Salmacina*, est le point de départ d'une nouvelle embryogénie aboutissant à la forme adulte qui est mise en liberté lorsqu'elle a atteint la maturité sexuelle. La plupart des organes de la vie libre se perfectionnent pendant le stade parasitaire, mais avec des modifications et des suppressions de parties qui tiennent au mode d'existence. C'est pour cette raison que l'auteur a appelé *parasitisme évolutif* l'ensemble des phases de l'évolution comprises entre la pénétration du nauplius dans l'hôte et la sortie de la forme adulte.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Henneguy, Marchal, Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte ; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation Savigny à un de nos lépidoptéristes les mieux doués, M. **F. Le Cerf**, pour sa *Révision des Ægériidés algériens*. Plus connus sous le nom de Sésies, les Ægériidés sont remarquables par leur forme et leur coloris qui leur donnent fréquemment une ressemblance frappante avec les Hyménoptères aculéates; M. Le Cerf les étudie depuis longtemps, il les connaît mieux que nul autre, et les riches matériaux qu'il a puisés dans les collections de M. Charles Oberthür lui ont permis de donner à sa monographie des espèces barbaresques une ampleur et un intérêt peu communs. Son travail a été publié dans les *Études lépidoptérologiques* de M. Oberthür; il décrit et figure en couleurs (110 figures) toutes les espèces et formes géographiques de la région algérienne, et consacre cinq autres planches à la représentation des chenilles de diverses espèces de la famille; en outre, 86 figures noires sont intercalées dans le texte qui ne comprend pas moins de 400 pages. Texte et figures sont l'œuvre exclusive de M. Le Cerf. Cette étude considérable n'est pas seulement systématique, elle renferme beaucoup de renseignements inédits sur la variabilité, la morphologie des caractères sexuels, les premiers états, les mœurs et la distribution géographique des espèces barbaresques. M. Le Cerf a pu faire en Algérie un séjour de deux ans à une époque où il se consacrait à peu près exclusivement aux Ægériidés, et les renseignements qu'il a pu recueillir sur les espèces algériennes vivantes donnent encore plus de valeur à son importante monographie, qui est digne, à tous égards, de la récompense que la Commission vous propose de lui attribuer.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Henneguy, Marchal, Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix Thore à M. le Dr **A. Cros**, de Mascara, pour l'ensemble de ses études biologiques sur les Coléoptères vésicants du nord de l'Afrique.

M. Cros a suivi les métamorphoses d'un certain nombre d'espèces dont les premiers stades et le mode de vie étaient inconnus, tels que le *Cerocoma Wahli* F. qui, à l'encontre de son congénère, le *C. Schæfferi* L., vit aux dépens du miel et des larves contenus dans les cellules de l'*Osmia Saundersi*. Il a suivi, complète, l'évolution de l'*Hornia nymphoides* Esc., curieux Méloïde quasi aptère dont on a récemment fait la découverte en Barbarie, et qui a deux générations annuelles. Chez le *Meloë foveolatus* Guér., il a découvert une alternance répétée de la forme larvaire active et de la forme contractée, phénomène qui serait dû à une reprise périodique de l'alimentation.

Joignant à cet ensemble des observations intéressantes sur d'autres Méloïdes mieux connus, la Commission estime que M. **Cros** a beaucoup élargi le cercle de nos connaissances sur le groupe des Vésicants et mérite, pour ce fait, la récompense qu'elle propose de lui attribuer.

L'Académie adopte la proposition de la Commission

## MEDECINE ET CHIRURGIE.

### PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Widal, Edmond Perrier, Guignard, Roux; Laveran, Charles Richet, Quénu et Henneguy, rapporteurs.)

La Commission propose les attributions suivantes :

un prix de 2500$^{fr}$ à MM. les D$^{rs}$ **Pierre Delbet**, professeur, et **Noël Fiessinger**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour leur Ouvrage intitulé : *Biologie de la plaie de guerre*;

un prix de 2500$^{fr}$ à M. le D$^{r}$ **Joseph Franchini**, attaché au service d'hygiène et maladies tropicales de l'Institut Pasteur, pour ses divers travaux sur les protozoaires pathogènes ;

un prix de 2500$^{fr}$ à M. **François Maignon**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour son Ouvrage intitulé : *Recherches sur le rôle des graisses dans l'utilisation des albuminoïdes*;

une mention honorable de 1500fr à MM. **Henri Alezais**, directeur de l'École de plein exercice de médecine et de pharmacie de Marseille, et **Albert Peyron**, professeur à la même école et chef du laboratoire du cancer de l'Hôtel-Dieu à Paris, pour leurs recherches sur l'histogenèse de certains groupes de tumeurs ;

une mention honorable de 1500fr à M. le Dr **Maurice Heitz-Boyer**, chirurgien des hôpitaux de Paris, pour ses recherches concernant la physiologie et la chirurgie osseuses ;

une mention honorable de 1500fr à M. le Dr **P. Lassablière**, chef de Laboratoire à la Faculté de médecine de Paris, pour ses études sur le lait et l'alimentation des nouveaux-nés ;

une citation à M. le Dr **Joseph Rigaut**, pour son Ouvrage intitulé : *L'évolution de la croissance chez les adénoïdiens*, et à M. le Dr **Antoine Orticoni**, médecin major de 1re classe, pour ses recherches sur l'épidémie de grippe de 1918.

*Rapport de M.* Quénu, *sur l'Ouvrage de MM.* **Pierre Delbet** *et* **Noël Fiessinger.**

La *Biologie de la plaie de guerre*, par **P. Delbet** et **Fiessinger**, est un gros travail renfermant beaucoup de parties originales sur les lésions des tissus, l'infection, les processus de défense et de réparation.

*Rapport de M.* A. Laveran *sur les travaux de M.* **Joseph Franchini.**

Le Dr **Joseph Franchini** concourt pour un des prix Montyon de Médecine et Chirurgie avec une série de travaux sur les Protozoaires pathogènes publiés par lui seul ou en collaboration. Parmi les plus remarquables de ces travaux, je citerai : ceux qui concernent un nouveau protozoaire parasite du sang de l'homme, d'intéressantes Notes sur les *Leishmania* et sur les insectes qui les propagent; enfin, d'importantes recherches expérimentales sur les *Herpetomonas* et sur des *Crithidia* que l'on trouve fréquemment dans le tube digestif de certains insectes : puces, mouche domestique, moustiques, mélophages, nèpes, blatte orientale. Il résulte de ces recherches qu'on réussit souvent à obtenir des cultures pures de ces parasites et que, à l'aide de ces cultures, on peut provoquer des infections graves et même mortelles chez de petits Mammifères, en particulier chez des souris. Ces expériences ont un grand intérêt au point de vue de l'étude des leishmanioses et des trypanosomiases.

*Rapport de M.* Charles Richet *sur l'Ouvrage de M.* **François Maignon.**

Parmi les travaux soumis à l'Académie, la Commission signale comme ayant une valeur scientifique et documentaire considérable le Mémoire de M. **Maignon**, professeur de Physiologie à l'École vétérinaire de Lyon, sur le rôle des graisses dans l'utilisation des albumines.

C'est une œuvre de longue haleine, qui a permis à l'auteur de formuler une loi qui avait peut-être été soupçonnée auparavant, mais qui n'avait jamais été démontrée, à savoir qu'il y a un minimum de graisse nécessaire, et que ce minimum est nécessaire pour l'utilisation économique et non toxique de la matière azotée.

*Rapport de M.* Henneguy *sur les travaux de MM.* **Henri Alezais** *et* **Albert Peyron.**

La Commission propose d'accorder une mention honorable à MM. **Alezais** et **Peyron** pour l'ensemble de leurs travaux sur *les paragangliomes carotidiens et surrénaux* et sur les *parasympathomes et sympathomes embryonnaires.*

*Rapport de M.* Quénu *sur les recherches de M.* **Maurice Heitz-Boyer.**

M. **Heitz-Boyer** apporte deux Notes qui ont été présentées à l'Académie des Sciences, l'une le 15 octobre 1917, l'autre les 15 avril et 8 juillet 1918. La première vise le processus de régénération osseuse chez l'adulte; la seconde, un essai de réduction mécanique des fractures.

Ces deux séries de travaux présentent une originalité incontestable et nous paraissent mériter une mention.

*Rapport de M.* Charles Richet *sur les travaux de M.* **P. Lassablière.**

M. **P. Lassablière** a fait de nombreuses études, bien documentées, sur le lait, aussi bien sur la chimie physiologique du lait que sur les conditions optima de l'alimentation des nouveau-nés.

Depuis vingt ans que M. Lassablière étudie cette question, il a apporté des faits nouveaux, par exemple la valeur considérable du lait condensé comme traitement des diarrhées tuberculeuses; comme aussi, et surtout, les mutations d'énergie chez les jeunes enfants (calorimétrie, dosages d'azote, pesées régulières).

C'est tout un ensemble de données précieuses sur la physiologie de l'alimentation des nourrissons.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy ; Roux, rapporteur.)

M. le Dr **Albert Berthelot** présente une série de Notes et de Mémoires sur les réactions chimiques provoquées par certaines bactéries rencontrées dans la flore intestinale et dans les plaies de guerre.

En se servant de milieux électifs, M. Berthelot a isolé à l'état de culture pure des ferments des acides aminés. L'un d'eux, *B. aminophylus*, décarboxyle l'histidine pour former une base toxique, la β-imidazoéthylamine. Un autre, *B. indologenes*, produit, aux dépens de la tyrosine, dix fois autant de phénol que les bactéries, signalées, jusqu'ici, comme en fabriquant le plus.

Les acides aminés étant le résultat de la digestion des matières albuminoïdes sont présents dans l'intestin, il n'est pas inutile de savoir que certains microbes intestinaux peuvent les changer en produits aussi toxiques que la β-imidazoéthylamine et que le phénol.

Dans les plaies gangréneuses, où les bactéries bactériolytiques ne manquent pas, il se forme aussi des acides aminés, et, comme dans ces plaies il existe parfois des microbes décarboxylants, il y prend naissance de la β-imidazoéthylamine qui joue sans doute un rôle dans les phénomènes généraux présentés par les malades.

Lorsque les bactéries, ferments des acides aminés, sont ingérés par association avec le *B. Proteus*, par des rats, nourris au lait, ils déterminent des entérites mortelles.

Le travail de M. **Berthelot** apporte des notions nouvelles sur les intoxications d'origine intestinale et sur les entérites. La Commission propose d'attribuer le prix Barbier à l'auteur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy; Widal et Roux, rapporteurs.)

La Commission propose les attributions suivantes :

un prix de 3000fr est décerné à MM. les Drs **Auguste Marie**, médecin chef du service d'aliénés de l'asile de Villejuif, et **Constantin Levaditi**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour leurs travaux sur la paralysie générale;

un prix de 2000fr est décerné à M. le Dr **Henri Violle**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour son Ouvrage intitulé : *Le Choléra*.

### *Rapport de M.* Widal *sur les travaux de MM.* **Auguste Marie** *et* **Constantin Levaditi.**

MM. **A. Marie** (de Villejuif) et **C. Levaditi** ont, depuis 1907, étudié d'une façon ininterrompue les rapports de la paralysie générale et de la syphilis. Ils ont les premiers appliqué en France la réaction de Bordet-Wassermann au diagnostic de la paralysie générale et ont précisé la vraie signification de cette réaction. La possibilité de remplacer le foie syphilitique par le foie normal, comme antigène, a permis de mettre en évidence le rôle des lipoïdes hépatiques dans le mécanisme de la réaction de Bordet-Wassermann et de différencier l'antigène utilisé dans cette réaction des antigènes spécifiques de la réaction de Bordet.

Plus tard, les auteurs ont confirmé et complété la découverte de Noguchi qui le premier a constaté la présence du tréponème dans le cerveau des paralytiques généraux. Grâce à des procédés perfectionnés, MM. Marie et Levaditi ont démontré la constance du spirochète dans le cortex des paralytiques généraux morts du *Ictus*.

Enfin, dès 1913, en inoculant au lapin le sang pris dans la veine de paralytiques généraux, ils ont pu obtenir le tréponème de la paralysie générale. Ils ont comparé ce tréponème à celui de la syphilis habituelle cutané et muqueuse. Le tréponème *neurotrope* diffère du spirochète *dermotrope* par ses qualités pathogènes, par le caractère des lésions engendrées chez le lapin, par l'immunité croisée que l'on peut obtenir. MM. **Marie** et **Levaditi** ont conclu de leurs recherches que le tréponème de la paralysie

générale et du tabes était nettement différencié du spirochète de la syphilis habituelle.

*Rapport de M.* Roux *sur l'Ouvrage de M.* **Henri Violle**.

M. le Dr **Violle** présente un Ouvrage ayant pour titre *Le choléra*. Le livre de M. Violle contient non seulement l'exposé des travaux des divers auteurs qui se sont occupés de cette maladie, mais aussi des recherches intéressantes sur le choléra expérimental et sur les propriétés du vibrion cholérique. Elles donnent à cet Ouvrage un caractère original que la Commission a voulu reconnaître en proposant d'attribuer sur les arrérages du prix Bréant une somme de 2000fr à M. **H. Violle** avec le titre de lauréat.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Widal, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; Quénu, rapporteur.)

M. **Henry Chabanier**, docteur ès sciences, chef de laboratoire à la clinique des voies urinaires, présente un Mémoire intitulé : *Étude des lois numériques de la sécrétion rénale*. Ce Mémoire renferme un nombre considérable d'expériences et de dosages chimiques; il a coûté des années de travail, il aboutit à des conclusions fort intéressantes pour la physiologie normale et pathologique du rein, il est digne du prix Godard.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; d'Arsonval, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX DUSGATE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Quénu, Widal, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder un encouragement de 1000$^{\text{fr}}$ à M. le Dr **Jules Leclercq**, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Lille, pour son Mémoire intitulé : *Au sujet des inhumations précipitées;* un encouragement de 500$^{\text{fr}}$ à M. le Dr **Albert Terson**, ancien chef de clinique à l'Hôtel-Dieu de Paris, pour son Mémoire intitulé : *Signes et nouveaux réactifs oculaires de la mort.*

Le Mémoire de M. Leclercq est, à certains égards, digne de considération. Il y a des documents intéressants et une juste appréciation des signes de la mort, mais ce Mémoire ne donne pas de procédé nouveau.

M. **Terson** a étudié avec soin les altérations de l'œil après la mort, qui permettent d'indiquer à peu près le moment de la mort.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; Widal, rapporteur.)

MM. **Courtois-Suffit** et **Giroux** ont entrepris d'écrire l'histoire du cocaïnisme et la cocaïnomanie, en s'appuyant sur de nombreuses observations personnelles. C'est une œuvre complète au point de vue étiologique, toxicologique, clinique, médico-légal, juridique, hygiénique et moral. En montrant comment on pouvait remonter à la source du poison pour la tarir, ils ont fait vraiment œuvre de police scientifique. Ils ont formulé les règles qui permettent de mener la lutte contre ce péril toxique dont la menace est d'autant plus redoutable qu'il frappe en silence, d'une manière continue à la faveur d'un trafic clandestin contre lequel on ne saurait prendre trop de mesure répressive.

La Commission propose de décerner le prix Bellion à MM. les Drs **Mau-**

rice **Courtois-Suffit**, médecin des hôpitaux de Paris, et **René Giroux**, interne des hôpitaux de Paris, pour leur Ouvrage intitulé : *La cocaïne*.

Elle propose, en outre, d'accorder une mention honorable à MM. **Jean Bec**, médecin-major de 1[re] classe des troupes coloniales, et **André Pérès**, instituteur principal à Gorée (Sénégal), pour leur Ouvrage intitulé : *Memento d'hygiène à l'usage des instituteurs de l'Afrique occidentale française.*

## PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Quénu, Widal, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le D[r] **J. Peyrot**, médecin-major de 1[re] classe des troupes coloniales, pour son Mémoire intitulé : *Étude sur la médecine sociale dans le Palatinat bavarois;*

D'accorder une mention très honorable à M. le D[r] **Flavien Bonnet-Roy**, ancien chef du centre de chirurgie maxillo-faciale de la 10[e] armée pour son Ouvrage intitulé : *L'ostéotomie mandibulaire dans le traitement des fractures balistiques de la mâchoire inférieure,* et à M. le D[r] **Pierre Talon**, médecin-major de 1[re] classe, pour ses recherches relatives à l'hygiène et à la vie du soldat.

M. le D[r] **Julien Peyrot**, médecin-major de 1[re] classe, pendant qu'il était à l'armée d'occupation du Palatinat, a pu recueillir des documents nombreux de statistique et d'hygiène sur le Palatinat.

Il s'agit là d'une recherche laborieuse et utile. M. Peyrot a étudié avec soin la natalité, la morbidité et la mortalité dans le Palatinat pendant la guerre. Une grande partie du livre est consacrée à l'étude de l'organisation médicale du Palatinat. Il y a là toute une administration qu'il importe de connaître.

Ce Mémoire, dactylographié, mériterait d'être imprimé dans une revue d'Hygiène.

Votre Commission propose de lui accorder le prix Larrey.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PHYSIOLOGIE.

### PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder le prix Montyon de Physiologie expérimentale à M. **Émile Terroine**, professeur de Physiologie à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour son important travail sur l'évolution des matières grasses dans l'organisme.

Il s'agit là d'une étude approfondie de ce sujet complexe et difficile. Jamais encore on n'avait réuni autant de documents analytiques sur la teneur des êtres vivants en substances grasses, et notamment la teneur en cholestérine.

Les conditions de l'absorption, de la digestion, de la saponification des graisses par les sucs digestifs ont été parfaitement étudiées à l'aide des méthodes chimiques les plus rigoureuses. Cette monographie de M. **É. Terroine** est tout entière d'une haute valeur scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

### PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; Quénu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Paul Sollier**, médecin du sanatorium de Boulogne-sur-Seine, **Marius Chartier**, médecin de l'Institut de physiothérapie neurologique, **Félix Rose**, ancien chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, **Ch. Villandre**, chirurgien adjoint de l'hôpital Saint-Joseph, pour leur Ouvrage intitulé : *Traité clinique de neurologie de guerre*.

Une mention très honorable serait, en outre, accordée à M. **André**

**Guillaume**, interne des hôpitaux de Paris, pour son Ouvrage intitulé : *Le sympathique et les systèmes associés*.

L'important travail de MM. **Sollier**, **Chartier**, **Rose** et **Villandre** est basé sur les observations, au centre neurologique de la XIV^e région, de 9000 malades en traitement et de près de 10000 en consultation. Il garde cependant les allures d'un Traité didactique et la Commission l'a cru digne d'une récompense.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

La Commission, à l'unanimité, propose de décerner le prix La Caze à M. **Maurice Arthus**, professeur de physiologie à l'Université de Lausanne.

Ses travaux ont fait faire de grands progrès à la physiologie. Ils ont un caractère d'originalité et de précision qui les signalent à l'attention de tous les physiologistes.

De ses nombreuses recherches nous retiendrons surtout celles qui portent sur la coagulation du lait et du sang d'une part, et d'autre part sur la séro-anaphylaxie.

En effet, M. Arthus a montré le rôle prépondérant, essentiel, des sels de calcium dans la caséification du lait et la coagulation du sang. Si l'on ajoute à du lait un oxalate soluble, on le rend incoagulable par la présure; mais, si l'on ajoute un millième d'un sel soluble de calcium, la présure coagule instantanément la caséine. Les fluorures alcalins ont la même action que les oxalates. Toute cette étude du labferment par M. Arthus est riche en expériences nouvelles, importantes aussi bien pour la physiologie générale que pour l'alimentation des nouveau-nés.

Tout aussi intéressante est l'étude de la coagulation du sang : et la production du fibrinferment. Là encore, M. Arthus a imaginé des expériences nouvelles, décisives.

Les découvertes de M. Arthus sur la séro-anaphylaxie sont restés classiques, et elles ont été le point de départ d'un grand nombre de recherches. M. Arthus a montré qu'à côté de l'anaphylaxie générale il y a une anaphylaxie locale (à laquelle les expérimentateurs ont donné avec

raison le nom de phénomène d'Arthus). Pénétrant profondément dans le sujet, M. Arthus a établi, en observant les effets des injections de venins de serpent, des relations entre l'immunité et l'anaphylaxie. L'étude des venins et des sérums antivenimeux a été renouvelée par lui.

Mentionnons enfin un Traité de Chimie physiologique et un admirable Traité de Physiologie.

Ces livres et ces travaux permettent de compter M. **Arthus** parmi les plus éminents physiologistes contemporains.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet; d'Arsonval, rapporteur.)

M. **François Heymans**, professeur de Physiologie à Gand, a soumis au jugement de la Commission un important Mémoire de Thermo-Physiologie. En faisant l'anastomose de la carotide et de la jugulaire par une canule spéciale, dont les parois peuvent être refroidies ou réchauffées à volonté, il a pu modifier artificiellement la température du sang circulant *in vivo* et observer des résultats nouveaux.

Ce travail est d'autant plus méritoire qu'il a été fait dans des conditions extraordinaires. L'Institut de Physiologie de Gand fut occupé, en octobre 1914, par les Allemands après avoir été affecté dès le début de la guerre à la Croix-Rouge. M. Heymans travailla au milieu des plus grandes difficultés et, finalement, fut expulsé de son laboratoire en juillet 1916.

En raison de ce double mérite, la Commission est unanime à proposer de décerner à M. **Heymans** le prix Martin-Damourette.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder le prix Philipeaux à M. **Charles Dhéré**, professeur à l'Université de Fribourg, pour ses travaux sur l'hémocyanine.

Non seulement son travail est une monographie complète, riche en indications de toutes sortes, mais c'est encore une œuvre très originale, qui éclaircit quantité de points obscurs. Il a étudié la teneur de l'hémocyanine en cuivre chez les diverses espèces animales, le spectre d'absorption de l'hémocyanine, son affinité pour l'oxygène, et toutes les questions afférentes au rôle fondamental de l'hémocyanine dans la vie des invertébrés. Le Mémoire qu'il présente à l'Académie est le résultat de vingt années de patientes, laborieuses et précises recherches.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## STATISTIQUE.

### PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Émile Picard, Appell, Violle; le prince Bonaparte et Tisserand, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Eugène Fournier**, professeur de Géologie et de Minéralogie, doyen de la Faculté des Sciences de Besançon, pour son Ouvrage intitulé : *Gouffres, Grottes, Cours d'eau souterrains du département du Doubs*.

Elle propose, en outre, d'attribuer une mention de 500fr à M. le Dr **Fr.-M. Messerli** pour sa *Contribution à l'étude de la croissance corporelle physiologique entre* 19 *et* 32 *ans*.

*Rapport de M.* Tisserand *sur l'Ouvrage de M.* **Eugène Fournier**.

Cet Ouvrage est le fruit de 20 années de travail portant sur la Géologie et la Minéralogie, sur la Spéléologie, la Palethnologie, sur les eaux souterraines, sur les sources, leur composition et les moyens de les utiliser pour l'alimentation des populations.

Réunissant toutes les recherches auxquelles il s'est livré, mettant à profit d'autre part, avec un soin scrupuleux, les Cartes et les Mémoires

publiés sur les mêmes matières, M. Fournier a groupé pour les 636 communes du Doubs les faits et les ressources qui caractérisent chacune d'elles.

Les villes et les villages sont présentés par ordre alphabétique, et faciles par conséquent à repérer. C'est l'ensemble des Notices afférentes au territoire de chaque localité, qui forme la Statistique présentée par M. Fournier.

Pour chaque commune, l'auteur indique si elle possède une carte agronomique, avec indication de la composition du sol et du sous-sol. Il décrit sa constitution géologique, les étages auxquels appartiennent les différentes parties de son territoire, les gisements spéciaux, marne, minerais, gypse, marbre, etc., qu'on y trouve et leurs positions. Il fait connaître le régime des eaux souterraines et la situation des sources qui y existent avec mention de la qualité de leurs eaux, de la possibilité de les utiliser et de les préserver des causes d'infection. Il mentionne les grottes, les gouffres, les cavernes qu'on y peut voir, et les vestiges et objets des âges préhistoriques qui y ont été découverts, etc.

Rattachant de la sorte dans un cadre rationnel la Géologie, la Tectonique, la Spéléologie et l'Hydrologie de chaque localité, le livre de M. Fournier est une véritable statistique spéciale digne d'être récompensée par l'Académie. Il constitue une œuvre de réelle utilité pour les municipalités, pour les agriculteurs, pour les hygiénistes et les préhistoriens; il a l'avantage encore d'attirer l'attention du public et de guider les érudits de l'histoire ainsi que les amateurs des beautés de la nature, sur la Franche-Comté qui est sans contredit l'un des pays les plus remarquables qui existe pour sa richesse en cavités souterraines encore incomplètement explorées.

Ce livre semble rentrer dans la catégorie des Ouvrages visés par l'institution du prix Montyon de Statistique, et la Commission est d'avis de décerner ce prix à M. **Eugène Fournier**.

*Rapport de M. le Prince* Bonaparte
*sur les travaux de M. le Dr* **Francis-M. Messerli**.

Les travaux de statistique présentés à la Commission par le Dr **Francis Messerli**, de Lausanne (Suisse) sont relatifs à l'étude de la croissance corporelle physiologique des adolescents et des adultes entre 19 et 32 ans, ainsi qu'à des recherches sur la résistance individuelle moyenne des soldats et des classes d'âge d'un bataillon de l'Élite de l'Armée suisse. Ces recherches très méthodiquement traitées sont exposées dans plusieurs Mémoires

renfermant de nombreux tableaux d'observations et plusieurs graphiques. Nous proposons à la Commission d'attribuer une récompense au Dr **Messerli**.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

---

## HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

### PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Grandidier, E. Picard, Appell, Ed. Perrier, Bouvier, de Launay; Bigourdan, rapporteur.)

Parmi les Ouvrages présentés, la Commission a retenu ceux de MM. **Doublet** et **J. Mascart**.

M. **Doublet** a publié un très grand nombre de notices appréciées sur les sujets historiques les plus variés. De son côté, M. **Jean Mascart** a écrit sur Borda un fort volume où il a mis en lumière un des hommes qui, en France, ont puissamment contribué aux progrès de l'art nautique et à l'établissement du système métrique.

En conséquence, la Commission propose de décerner :

un prix de 1000fr à M. **Édouard Doublet**, astronome à l'Observatoire de Bordeaux, pour ses diverses publications historiques;

un prix de 1000fr à M. **Jean Mascart**, directeur de l'Observatoire de Lyon, pour son Ouvrage intitulé : *La vie et les travaux du chevalier Jean-Charles de Borda* (1733-1799).

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

---

# MÉDAILLES.

## MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Deslandres, Lemoine, Émile Picard ; A. Lacroix, rapporteur.)

Le Bureau propose à l'Académie d'accorder la médaille Berthelot :

A MM. **Léonce Barthe**, lauréat du prix Montyon des Arts insalubres ; **Henri Gault** et **Henri Hérissey**, lauréats du prix Jecker ; **Robert de Forcrand de Coiselet**, lauréat du prix L. La Caze.

L'Académie adopte les propositions du Bureau.

## PRIX ALHUMBERT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Wallerant, Villard, Branly ; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

*Étude de l'action du champ magnétique sur les liquides cristallins.*

Aucun mémoire n'a été déposé.

Le prix n'est pas décerné et la question est retirée du concours.

## PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, Guignard, Haller, A. Lacroix, Termier ; Douvillé, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante : *Etude des brèches sédimentaires.*

M. **Jacques de Lapparent**, professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg, a poursuivi d'abord l'étude minutieuse des brèches sédimentaires de la région d'Hendaye, au point de vue pétrographique et en s'ai-

dant de l'examen des organismes contenus tant dans les éléments clastiques que dans le ciment qui les réunit. Il a publié sur ce sujet un important Mémoire in-4° de 156 pages et 10 planches ([1]). Il a étudié ensuite les brèches de la région d'Argelès ([2]), puis celles d'Urcuit ([3]), et enfin celles du terrain dévonien des Vosges ([4]).

Il a montré que ces brèches renferment des matériaux anciens associés à des éléments de taille souvent considérable de roches marines contemporaines, dans un ciment d'origine marine mais de caractère plus littoral. Les brèches doivent donc leur formation à un mouvement de la mer agissant soit positivement en entraînant vers le rivage les sédiments déjà consolidés du large et les mélangeant à la matière des sédiments littoraux, soit négativement en entraînant ces derniers vers le large et fragmentant du même coup les sédiments marins.

La cause de ces courants doit être recherchée dans un mouvement de l'écorce, oscillatoire et d'origine marine, résultant soit de la surrection d'une ride au large, soit de l'accentuation d'une dénivellation du fonds marin.

Ces vues originales jettent un jour nouveau sur la genèse des brèches; leur fréquence dans les terrains sédimentaires montre le peu de stabilité de l'écorce terrestre pendant les périodes géologiques.

La Commission a proposé à l'unanimité de décerner à ces travaux le prix Bordin.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX SERRES.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, d'Arsonval, Guignard, Laveran, Bouvier, Henneguy, Marchal, Charles Richet; Delage, rapporteur).

La Commission propose de partager le prix également entre MM. **Octave Duboscq**, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, et **Louis Léger**,

([1]) *Etude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye* (*Mémoire Carte géologique détaillée de la France,* 1918).

([2]) *Les formations bréchiques entre les villages de Salles et de Sere-Argelès et au nord du village de Boo* (*Hautes-Pyrénées*) (*Bull. Soc. géol. de Fr.*, 2 juin 1919).

([3]) *Grés, calcaires bréchiques et conglomérats d'Urcuit* (*Basses-Pyrénées*) (*Ibid.*, 3 novembre 1919).

([4]) *Sur les roches à Radiolaires des terrains dévoniens de la vallée de la Bruche* (*Vosges d'Alsace*) (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 802).

professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, pour l'ensemble de leurs travaux de Protistologie et d'Embryologie générale.

MM. Duboscq et Léger ont fait en commun une partie de leurs travaux et ils ont ensuite continué séparément leurs recherches : d'où la division de ce rapport en trois parties.

MM. **Duboscq** et **Léger** étudièrent avant tout le cycle évolutif des Grégarines et cela dans les deux grandes subdivisions du groupe, les Angiosporées et les Gymnosporées.

Ils montrèrent d'abord, en décrivant sans lacunes les premiers stades du développement, qu'on avait pris jusqu'ici pour jeunes Grégarines des figures de dégénérescence cellulaire (cellules de Leydig et formations analogues). Le développement, qu'il soit intestinal ou cœlomique, s'effectue sans stade intracellulaire.

Les Grégarines étaient données comme un exemple d'isogamie : Léger et Duboscq montrèrent que les deux Grégarines qui s'enkystent sont l'une mâle et l'autre femelle. Leur cytoplasme est parfois si différent (*Nina gracilis*, grégarine de la Scolopendre) que la nature de ses inclusions permet de reconnaître le sexe des conjoints à tous les stades du développement. Quant aux gamètes mâle et femelle, seraient-ils semblables d'aspect, on les distingue facilement l'un de l'autre à l'aspect de leur centrosome ou à la chromaticité de leur noyau. En étudiant les mitoses qui aboutissent à la formation de ces gamètes, Léger et Duboscq découvrirent les centrioles, qui n'avaient pas été observés chez les Sporozoaires, et le chromosome axial, formation analogue au chromosome sexuel.

Après ces études sur les Angiosporées, Léger et Duboscq s'attaquèrent aux Gymnosporées représentées par les deux genres : *Aggregata* et *Porospora*.

Léger et Duboscq montrèrent que les Aggregata des Crustacés n'étaient que le stade schizogonique des Coccidies (*Eucoccidium*) des Céphalopodes.

Quant aux Porospora, le début du cycle qu'on leur attribuait (cytode générateur) revient à un sporozoaire d'affinités multiples, *Selenococcidium intermedium* (Lég. et Dub.), type d'un nouveau groupe de Coccidies (Prococcidies). Le cycle de Porospora est d'ailleurs hétéroïque, comme celui des Aggregata. On n'observe chez les Crustacés que la phase asexuée. Les phénomènes de sexualité se passent chez les Lamellibranches et aboutissent aux spores durables, décrites par Schneider sous le nom de *Nématopsis*. Et ainsi il n'existe plus de Gymnosporées.

On doit encore à Léger et Duboscq des travaux sur une Schizogrégarine

énigmatique (*Spirocystis*), sur les Coccidies des Lamellibranches et des Enteropneustes, sur les Microsporidies des Grégarines, sur les *Chytridiopsis*, sur les Infusoires endoparasites; enfin, l'étude du cycle et la description d'un certain nombre d'espèces d'un groupe nouveau de champignons, les Écrinides, parasites de l'intestin des Crustacés, Myriapodes et Insectes.

M. **Léger** s'est d'abord fait connaître par des recherches étendues sur les Sporozoaires dont il a découvert de très nombreuses formes. Les classifications qu'il a données successivement des Grégarines et des Coccidies ont toujours fait autorité. Puis il découvrit les gamètes flagellés des Coccidies et des Grégarines, la schizogonie de certaines Grégarines, pour lesquelles il créa le groupe des Schizogrégarines.

Il étudia les Flagellés parasites des Invertébrés, dont il fit connaître plusieurs espèces nouvelles et, le premier, émit l'idée que certains Flagellés des Sangsues ou des Insectes piqueurs n'étaient que des stades des Flagellés du sang des Vertébrés.

Seul, ou en collaboration avec Hesse, il contribua beaucoup à étendre et préciser nos connaissances sur les Cnidosparidies, élucidant la structure de la spore dans les divers groupes et décrivant de nouveaux genres très importants (*Coccomyxa*, *Celomyxa*, *Mrazekia*).

Encore avec Hesse, il fit connaître une série d'organismes parasites, voisins des Myxomycètes et qui miment à s'y méprendre les formes végétatives de certains Sporozoaires.

Enfin, on ne peut oublier ses nombreux travaux sur les questions de pisciculture (maladie des poissons et des écrevisses, alvinage, valeur nutritive des torrents et des rivières, etc.).

Les premières recherches de M. **Duboscq** portèrent sur les Chilopodes (étude de l'épiderme et de ses différenciations, du système nerveux périphérique, etc.). Il étudia l'évolution très particulière du testicule de la Sacculine, mettant en relief le rôle du nucléole dans la dégénérescence granuleuse des cellules génitales primitives. Avec Lebailly, il publia plusieurs travaux sur les Spirochètes, montrant entre autres leur parenté avec les Spirilles et, chez les Poissons, leur pénétration dans l'épithélium intestinal et les espaces lymphatiques.

Avec Collin, il fit connaître chez un Péridinien la reproduction sexuée qui n'était pas connue dans ce groupe de flagellés.

On lui doit enfin l'étude d'un parasite des Tuniciers : *Selysina perforans*, Sporozoaire à affinités multiples qui lui a fourni l'occasion de reviser et préciser la notion de cellule géante, dont l'importance est grande en Protistologie.

Par ces remarquables travaux, MM. **Duboscq** et **Léger** se sont rangés au nombre des savants qui ont fait faire les plus importants progrès aux questions les plus difficiles de la Protistologie et ont le plus contribué à la découverte du cycle évolutif, lequel est un des aspects de l'Embryologie générale.

## FONDATION VAILLANT.

(Commissaires : MM. Emile Picard, Violle, Hamy, Bouty, Villard, Branly; Lippmann, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer une subvention de 4000$^{fr}$ à M. **Paul Le Rolland**, chef des travaux de physique à la Faculté des sciences de Rennes, pour ses recherches sur l'oscillation du pendule. M. Le Rolland a institué une méthode photographique très prompte et très précise, pour mesurer la durée des oscillations, et mettre en évidence l'influence du mode de suspension du pendule, de la forme du ressort ou du couteau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, Roux, Delage, Bouvier; Guignard et Termier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

un prix de 3000$^{fr}$ à M. **François Gagnepain**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses études sur la flore d'Extrême-Orient;

un prix de 2000$^{fr}$ à M. le Chanoine **Bourgeat**, doyen honoraire de la Faculté libre des sciences de Lille, pour l'ensemble de son œuvre géologique.

*Rapport de M.* Guignard *sur les études de M.* **François Gagnepain**.

M. **François Gagnepain**, actuellement assistant au Muséum d'histoire

naturelle, après une monographie des Zingibéracées qui lui a valu l'attribution du prix de Coincy en 1907, s'est spécialisé dans l'étude de la flore de l'Extrême-Orient.

En collaboration avec Ach. Finet, il a d'abord publié, sous le titre de *Contribution à la Flore de l'Asie orientale*, une suite de Notes sur les Renonculacées, Dilléniacées, Calycanthacées, Magnoliacées, Anonacées, comprenant au total 424 pages et 20 planches. Cette revision a porté sur tous les échantillons asiatiques du Muséum ; elle a permis le contrôle des déterminations anciennes et l'identification d'une multitude d'échantillons indéterminés.

Principal collaborateur de M. Lecomte pour la publication de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, il a eu l'occasion de faire l'étude d'un grand nombre de familles et de publier une longue série de Notes dans divers Recueils, et en particulier dans les *Notulæ systematicæ* et dans le *Bulletin de la Société botanique de France*. Il a créé, au total, 13 genres nouveaux et près de 450 espèces.

Ces études de botanique systématique, poursuivies sans relâche depuis une vingtaine d'années, avec une activité et un soin des plus louables, méritaient d'être récompensées par l'Académie.

*Rapport de M.* Pierre Termier *sur les travaux de M.* **Bourgeat**.

M. le Chanoine **François-Émilien Bourgeat** est l'un des doyens des géologues français. Il a enseigné la Géologie et la Minéralogie pendant de longues années à la Faculté libre des sciences de Lille, et il a su allier à cet enseignement des recherches personnelles qu'il a poursuivies jusqu'à l'âge de la retraite. On lui doit, entre autres, une étude systématique des formations coralligènes du Jura, étude patiente et consciencieuse qui l'a conduit à des résultats d'une haute importance, aujourd'hui classiques : les récifs coralligènes se sont déplacés graduellement vers le Sud, depuis la période lusitanienne où ils prospéraient dans la région de la Meuse, jusqu'au Kimmeridgien où on les voit apparaître dans le Jura central, et jusqu'au Portlandien où ils s'établissent dans le Jura méridional et le long du bord ouest de la zone subalpine. La carrière de M. le Chanoine **Bourgeat** est un modèle de parfait désintéressement et d'absolu dévouement à la Science.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Edmond Perrier, Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix ; Pierre Termier, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie de décerner le prix à M. **Paul Bertrand**, professeur de Botanique appliquée à l'Université de Lille, pour l'ensemble de ses travaux de paléophytologie. M. Paul Bertrand est, à l'heure actuelle, le seul savant français dont le nom fasse autorité en matière de botanique fossile. Bien que très jeune encore, il s'est fait connaître dans le monde savant tout entier par ses travaux sur les flores houillères, et il est le digne continuateur des deux maîtres que nous avons récemment perdus, Zeiller et Grand'Eury. Pendant que notre confrère Charles Barrois, assisté de M. Pierre Pruvost, son disciple le plus éminent, rénovait et précisait, par l'étude des faunes, la stratigraphie du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, M. Paul Bertrand soumettait à une analyse nouvelle, détaillée et rigoureuse, la flore de ce bassin ; et nous avons aujourd'hui, grâce à l'étroite entente et à la collaboration parfaitement ordonnée de ces trois savants, une idée exacte des variations de la vie dans la grande lagune houillère, un moyen efficace de paralléliser les divisions chronologiques du Carbonifère en France, en Belgique et en Grande-Bretagne, et un critère pour l'appréciation et la discussion des théories tectoniques. Plus récemment, M. Paul Bertrand a repris l'étude paléontologique du bassin houiller du Gard, et grâce aux résultats de ses recherches nous connaissons maintenant la structure de ce bassin compliqué, avec une netteté et une certitude que personne n'eût oser espérer auparavant. Il va bientôt s'attaquer aux problèmes paléophytologiques du bassin houiller de la Sarre : nul doute que, là encore, il ne trouve beaucoup de faits nouveaux et n'introduise dans la stratigraphie beaucoup de clarté. Toute l'œuvre, déjà très vaste, de M. **Paul Bertrand** est marquée au coin des qualités les plus françaises. Ceux d'entre nous qui ont connu le très grand savant qu'était son père ne s'en étonneront pas. La Commission est heureuse d'appeler l'attention de l'Académie sur des travaux de haute science qui intéressent aussi l'industrie et qui contribuent, chaque jour davantage, à la connaissance plus parfaite et à la meilleure utilisation des ressources houillères de la France.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX HENRI DE PARVILLE.

### OUVRAGES DE SCIENCES.

(Commissaires : MM. Deslandres, Lemoine, A. Lacroix, Paul Appell, Moureu, Paul Janet; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Laveran, Maquenne, Mangin, Charles Richet; Edmond Perrier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Eugène Lambling**, professeur de Chimie à la Faculté mixte de médecine et de pharmacie de Lille, pour ses belles recherches de Chimie organique et de Chimie biologique. En Chimie organique il a étudié l'action de l'isocyanate de méthyle sur les éthers glycolique, lactique, trichloracétique, α-oxybutyrique, α-oxyisobutyrique, α-oxyvalérianique, α-oxyisovalérianique, phénilglycolique et obtenu une série de produits nouveaux dont il a fait connaître les propriétés; il a de même étudié l'action de l'isocyanate de phényle sur les corps à fonction alcool et obtenu des phényluréthanes correspondants; l'action de ce même corps sur divers acides organiques lui a donné successivement l'anilide, la lactane et la phényluréthane de l'anilide. Dans une autre voie, ses recherches spectroscopiques et chimiques sur le sang et sur l'urine lui ont fourni l'occasion de perfectionner singulièrement les procédés d'analyse de ces substances et d'arriver par là à des conclusions importantes. C'est ainsi qu'il a démontré la supériorité du régime lacté sur le régime fortement carné. Ses recherches sur la nutrition de l'enfant et de l'adulte sont classiques. Enfin, à côté d'articles dans les dictionnaires de Chimie ou de Physiologie les plus connus, on lui doit un Précis de Biochimie qui est un admirable résumé de cette science et est devenu tout à fait classique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX HENRY WILDE.

(Commissaires : MM. Grandidier, Lippmann, Guignard, Violle, A. Lacroix, Bigourdan; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. de Freycinet, Humbert, Vieille, Le Chatelier, Carpentier, Kœnigs; Lecornu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Pigeaud**, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

M. Gaston Pigeaud a perfectionné sur divers points la théorie des arcs et celle des poutres continues. Comme couronnement de ses études, il vient de publier un important Ouvrage sur la Résistance des matériaux et l'Élasticité. D'autre part, il a, dans sa carrière d'ingénieur, apporté de nombreuses améliorations aux procédés de construction. Nous ne pouvons entrer ici dans le détail, mais nous devons signaler spécialement les services que M. Pigeaud a rendus à la Défense nationale par la réalisation d'un type de pont militaire semi-permanent, facile à usiner et à monter. Six mille mètres de ce type étaient en place au moment de l'armistice. M. Pigeaud a également contribué au rétablissement rapide des communications, grâce à l'emploi de ponts suspendus à fermes rigides, adaptés aux besoins les plus variés.

L'académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Deslandres, Lemoine, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adolphe Lepape**, chef du Laboratoire de Chimie-physique de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie de Paris (Collège de France), qui s'est consacré à des recherches de chimie-physique appliquée à l'Hydrologie et à la Physique du Globe. En collaboration avec M. Moureu, il a étudié la composition des gaz naturels.

Les résultats de ces recherches ont porté sur un grand nombre de gaz de sources thermales, sur des grisous, des gaz de pétrole, etc.

En dehors des données qu'ils apportent à l'Hydrologie et à la Physique du Globe, ces travaux ont permis d'énoncer une relation entre la composition qualitative et quantitative de l'azote brut (azote + gaz rares) dans la Nature.

Soit seul, soit en commun avec M. Laborde, M. Lepape a étudié la radioactivité d'un certain nombre de sources thermales, en effectuant des dosages d'émanation du radium dans les gaz et dans les eaux, ainsi que des dosages de radium et de thorium dans les eaux et les sédiments. Récemment, il a montré que les sources de Bagnères-de-Luchon sont les plus radioactives des sources françaises.

Enfin, au cours de la guerre, M. **Lepape** a étudié un produit qui fut adopté comme gaz de combat : l'acroléine. Ce corps éminemment altérable a pu être stabilisé et préparé industriellement.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Deslandres, Lemoine, Emile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Thorlet à M. **Adolphe Richard**, répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures, qui poursuit l'établissement de l'inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

# FONDATIONS SPÉCIALES.

## FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Lemoine, Emile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre M^mes **Cusco** et **Rück**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

### PRIX LAPLACE.

Ce prix n'ayant pu être décerné en 1915, 1916 et 1917, par suite de l'interruption des études causée par la guerre à l'École polytechnique, l'Académie le décerne, en 1920 :

1° A M. **Charles-René Drouard**, né à Nantes, le 10 février 1894, sorti de l'École polytechnique, en 1920, avec le n° 1, dans la promotion 1914;

2° A M. **Paul-Maurice-Ferdinand Roy**, né à Bourges, le 7 novembre 1899, sorti de l'École polytechnique, en 1919, avec le n° 1, dans la promotion 1917.

Les ressources de la fondation ne permettant plus de donner aux lauréats un exemplaire des œuvres de Laplace, une médaille portant l'inscription de leur nom et de l'attribution du prix leur sera remise.

### PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé ainsi qu'il suit entre les huit élèves des promotions 1914 et 1917, sortis en 1920 et 1919, de l'École polytechnique, avec les n$^{os}$ 1 et 2 dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

MM. **Charles-René Drouard** et **Paul-Maurice-Ferdinand-Roy**, sortis premiers dans le corps des mines, reçoivent chacun *sept cent cinquante francs;*

MM. **Edmond Friedel** et **Léon Migaux**, sortis seconds dans le corps des mines, reçoivent chacun *cinq cents francs;*

MM. **Raymond-Alexandre-Auguste Fleury** et **Jean Lapebie**, sortis premiers dans les corps des ponts et chaussées, reçoivent chacun *sept cent cinquante francs;*

MM. **Jean-Gérard Rouelle** et **Georges-Jules-Lucien Couprie**, sortis seconds dans le corps des ponts et chaussées, reçoivent chacun *cinq cents francs.*

## FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

### FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Deslandres, Lemoine, A. Lacroix, Appell, Edmond Perrier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Charles Frémont**, chef de travaux pratiques au laboratoire de mécanique de l'École supérieure des mines, pour ses recherches sur les outils.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

### FONDATION GEGNER.

Commissaires : MM. Deslandres, Lemoine, Appell, Emile Picard, A. Lacroix; Edmond Perrier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix sur la fondation Gegner à M. **Paul Hallez**, professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Lille, pour l'ensemble de son œuvre zoologique.

Toute la carrière de M. Hallez s'est développée à Lille. Depuis qu'il était à la Faculté des Sciences de cette ville, l'élève et le préparateur de Lacaze-Duthiers, il n'a pas publié moins de 105 Notes ou Mémoires ayant trait à l'Embryogénie ou à l'Anatomie. Sa thèse sur les Vers plats, connus sous le nom de *Turbellaires*, est un ouvrage capital qu'il n'a cessé, par la suite, de développer et de compléter dans des publications diverses, si bien que c'est à lui qu'a été confiée la description des espèces nouvelles découvertes au cours des expéditions du Dr Jean Charcot dans l'Antarctique. Il a étudié avec le plus grand soin l'embryogénie de ces Vers plats couverts de cils vibratiles et découvert chez ceux des Dendrocœles qui habitent les eaux douces deux modes de développement qu'il a désignés sous les noms de *diaphorogenèse* et d'*adiaphorogenèse*, et publié un Catalogue des Turbellaires du nord de la France. M. Hallez s'est également occupé de l'embryogénie et des conditions de développement des Vers allongés qui constituent

la classe des Nématodes. On lui doit encore d'intéressantes études sur l'orientation des embryons des insectes. Dans une autre direction, il s'est proposé de rechercher l'influence que pouvait avoir sur la forme définitive d'un animal le calme ou l'agitation de l'eau dans laquelle il se développait. Il a pu ainsi établir que deux formes de Méduses que l'on considérait comme des espèces différentes : la *Bougainvillei fontuisa* d'Allmann et la *B. oxmosa* de Van Beneden n'étaient que deux formes de la même espèce, la première résultant de l'agitation de l'eau dans laquelle elle s'était développée. Dans cette Méduse vit en parasite la larve d'un curieux animal voisin des Arachnides, le *Phoxechilidium paradoxum*. Il a aussi constaté que deux prétendues espèces de Trilader n'étaient que deux formes, dont l'une tératologique, de la même espèce.

M. **Hallez** s'est également occupé des rares Nemertes d'eau douce, a décrit leur enkystement, leur ponte d'hiver et leur ponte d'été ; il s'est, d'autre part, employé à susciter de nombreux élèves qu'il accueillait libéralement à son laboratoire du Portel, sur la Manche.

Tant de travaux, si variés, ne peuvent manquer de justifier auprès de l'Académie la proposition de sa Commission.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## FONDATION JÉROME PONTI.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Maquenne, le prince Bonaparte; H. Le Chatelier, rapporteur.)

M. le commandant **Paul Nicolardot**, ancien élève de l'École Polytechnique et docteur ès sciences physiques, a poursuivi toute sa carrière scientifique au laboratoire de la Section technique de l'artillerie à Saint-Thomas-d'Aquin. Adjoint au directeur de ce laboratoire en 1898, il en devint le directeur en 1903 et conserva les mêmes fonctions jusqu'au début de l'année 1920.

Se préoccupant constamment de généraliser les études, dont il était chargé pour son service courant, il perfectionna ou mit au point de nombreuses méthodes d'analyses chimiques ou d'essais physiques; notamment pour l'aluminium, les verres, les corps gras et les résines. Il a introduit, pour l'analyse des alliages, l'emploi du chlorure de soufre en vase clos.

Ses études sur l'écrouissage des métaux l'ont conduit à reconnaître l'écrouissage du plomb, de l'étain et de tous les métaux mous. Cet écrouis-

sage disparaît rapidement à la température ordinaire par recuit spontané, mais persiste dans les mélanges réfrigérants, le plomb se comportant au dessous de 0° comme le cuivre à la température ordinaire.

M. Nicolardot a publié plusieurs volumes sur les petits métaux, entre autres sur le vanadium et sur l'industrie des métaux des terres rares.

Pendant la guerre, après avoir passé une année aux armées, il fut rappelé pour monter une fabrique de chloropicrine et chargé ensuite d'un grand nombre d'études intéressant la Défense nationale.

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation en prix à M. le commandant **Paul Nicolardot.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Deslandres, Lemoine, A. Lacroix, Appell, Edmond Perrier; Émile Picard, rapporteur.)

Aucune subvention n'est accordée sur cette fondation.

## FONDS BONAPARTE.

(Commissaires : M. le prince Bonaparte, membre de droit, et MM. Deslandres, président de l'Académie, A. Laveran, A. Lacroix, Carpentier, Fournier, Kœnigs, Daniel Berthelot; Lecomte, rapporteur.)

La Commission a eu à examiner quinze demandes de subventions.

Elle propose à l'Académie d'accorder :

1° 2000fr à M. **R. Anthony**, assistant au Muséum national d'Histoire naturelle, pour la publication du catalogue raisonné et descriptif des collections d'Ostéologie du service d'Anatomie comparée du Muséum.

2° 2000fr à M. **Philippe Eberhardt**, directeur de l'École supérieure d'Agriculture et de Sylviculture de l'Indo-Chine, pour ses recherches sur la flore de l'Indo-Chine qu'il poursuit depuis plus de quinze ans et qui nécessitent de nombreux déplacements.

Cette demande a été appuyée par MM. le prince *Bonaparte* et *Lecomte*.

3° 2000fr à M. le Dr **Henri Martin**, pour ses fouilles de La Quina (Charente). Les matériaux recueillis seront remis, les ossements humains au Muséum d'Histoire naturelle et les autres objets au Musée de Saint-Germain.

4° 4000fr à M. **Émile Mathias**, correspondant de l'Académie, directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme, pour ses recherches, poursuivies en collaboration avec M. Kamerlingh Onnes, sur la courbe des densités des gaz dont le point critique est voisin du zéro absolu (hydrogène, néon, ...).

5° 2000fr à M. **Jacques Pellegrin**, assistant au Muséum national d'Histoire naturelle, pour ses recherches et ses publications concernant les poissons des colonies françaises.

Cette demande a été appuyée par MM. *Edmond Perrier*, *Haug*, *Henneguy*, *Tilho*.

6° 2000fr à M. **Charles Pérez**, professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris, pour ses recherches et publications sur les Crustacés Épicarides du Golfe persique.

Cette demande a été appuyée par M. *Bouvier*.

7° 2000fr à M. **René Souèges**, pour ses travaux sur l'embryogénie des plantes supérieures.

Cette demande a été appuyée par MM. *Guignard*, *Mangin* et *Lecomte*.

8° 2000fr à M. **P. Wintrebert**, préparateur d'Anatomie comparée à la Sorbonne, pour ses recherches sur l'automatisme du mouvement locomoteur chez les embryons de Sélaciens.

En résumé, la Commission propose l'emploi suivant des sommes mises à la disposition de l'Académie par l'un de ses membres, le prince Bonaparte :

| | |
|---|---|
| 1. M. Anthony | 2000fr |
| 2. M. Eberhardt | 2000 |
| 3. M. le Dr Martin | 2000 |
| 4. M. Mathias | 4000 |
| 5. M. Pellegrin | 2000 |
| 6. M. Pérez | 2000 |
| 7. M. Souèges | 2000 |
| 8. M. Wintrebert | 2000 |
| Total | 18000fr |

A la suite de la distribution de 1919, il est resté en réserve une somme de 42000fr.

Si les propositions de la Commission sont acceptées, un reliquat de 24000fr sera reporté aux années suivantes.

L'Académie adopte les propositions de la Commission et M. le Président,

se faisant l'interprète de tous ses confrères, adresse de nouveaux et bien vifs remercîments au prince Bonaparte pour l'appui si efficace qu'il apporte à la Science française.

## FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Deslandres, Émile Picard, A. Lacroix, Jordan, le prince Bonaparte ; H. Le Chatelier, rapporteur.)

Dans son rapport de 1917, M. A. Lacroix s'exprimait ainsi :

« Ce n'est certainement pas sans intention que M. Loutreuil, dans l'énumération des buts de sa fondation, plaçait en première ligne les progrès des sciences de toute nature, aussi est-ce avec la certitude d'entrer dans les vues du généreux donateur, que le Conseil eût été heureux de pouvoir aider surtout des recherches originales. Il a eu le regret de constater que jusqu'ici les demandes concernant les travaux à exécuter sur un programme bien défini n'ont été présentées qu'en nombre infime. Depuis trois ans, le plus grand nombre des demandes ont eu pour objet des constitutions ou des perfectionnements d'outillage, plus destinés à l'enseignement qu'au travail personnel. Les heures tragiques que nous vivons sont sans doute pour quelque chose dans cette disposition regrettable ; nous espérons qu'elle s'atténuera dans l'avenir. »

Cet espoir ne s'est malheureusement pas réalisé. Voici déjà deux ans que tous les travailleurs sont rentrés dans leurs laboratoires, et cependant leurs demandes de subventions en vue d'études déterminées se font de plus en plus rares. La majorité des subventions demandées visent la publication d'ouvrages isolés ou de revues scientifiques ; viennent ensuite les demandes de matériel pour compléter l'outillage général des laboratoires. Pour quelques-unes de ces dernières demandes, leurs auteurs ont parfois invoqué une vague intention de se livrer à des recherches, mais en semblant vouloir surtout donner une satisfaction platonique au désir émis à plusieurs reprises par le Conseil de la Fondation Loutreuil. Cette année encore, un trop petit nombre de demandes rentrent nettement dans la catégorie de celles que le Conseil aimerait surtout à encourager.

Peut-être y aura-t-il lieu, si cette situation ne se modifie pas, d'étudier dans un avenir prochain une meilleure utilisation des revenus de la Fondation Loutreuil, répondant plus exactement aux intentions du donateur. Puisque la recherche indépendante continue à rester si peu active, ce serait

le cas d'essayer une nouvelle organisation du travail scientifique, en tenant compte des résultats si intéressants obtenus dans les grands laboratoires de recherches étrangers. La systématisation des études poursuivies suivant un programme déterminé y assure un rendement hors de toute proportion avec ce que donne le travail incoordonné.

Sous réserve de ces observations, le Conseil de la Fondation Loutreuil a fait les attributions suivantes :

Les demandes de subventions reçues par l'Académie des Sciences s'élevaient cette année à la somme de 219600$^{fr}$. Sur la proposition du Comité consultatif, six de ces demandes ont été écartées, parce qu'elles étaient présentées par des personnes appartenant aux universités, lesquelles ont reçu de M. Loutreuil une dotation spéciale.

Le Conseil de la Fondation accorde 23 subventions formant un total de 131200$^{fr}$, dont voici le détail :

### I. — *Subventions accordées à la demande d'établissements désignés par le fondateur.*

1° *École nationale vétérinaire d'Alfort.* — 8000$^{fr}$ à cet établissement pour la création d'une chambre de balnéation et d'inhalation gazeuse en vue de recherches éventuelles relatives à la thérapeutique des maladies cutanées et respiratoires.

Le directeur de l'École d'Alfort fait valoir à l'appui de sa demande que :

« Les services ont eu grandement à souffrir de la guerre et de l'occupation militaire dont ils furent l'objet. Leur budget fut réduit à sa plus simple expression et les disponibilités actuelles suffisent à grand'peine aux dépenses courantes; elles ne permettent en rien de compenser la pénurie des années de guerre.

» D'autre part, le Conseil des professeurs de l'École attache le plus grand intérêt à la réalisation de recherches relatives à la thérapeutique, par différents agents gazeux ou volatilisables, des maladies cutanées et des affections de l'appareil respiratoire. Ces travaux, qui exigent la construction d'une chambre spéciale, seraient poursuivis en collaboration par divers de nos maîtres. »

2° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 3200$^{fr}$ à M. **François Maignon**, professeur à cet établissement, pour l'achat d'instruments et d'appareils destinés à ses recherches sur la nutrition.

L'auteur de cette demande déclare que « ses recherches en cours sur

l'Avitaminose et l'Opothérapie lui ont déjà donné des résultats très intéressants. Elles sont la suite d'études antérieures sur la nutrition et le système nerveux, qui ont été récompensées par quatre prix de l'Académie des Sciences. La continuation de ces travaux nécessiterait l'achat d'appareils dont les crédits limités du Laboratoire de Lyon ne permettent pas l'acquisition.

Ces appareils sont : Une lampe de quartz à vapeur de mercure.

Un convertisseur de courant.

Une presse hydraulique de laboratoire ».

3° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 3000fr à M. **Jean Lafon**, professeur de physiologie de cet établissement, pour ses recherches sur la physiologie comparée des sécrétions chez les diverses espèces animales.

L'auteur de la demande « sollicite l'attribution d'une subvention de 3000fr pour l'achat d'un galvanomètre à corde de Einthoven pour le laboratoire de physiologie de l'École vétérinaire de Toulouse. Cet instrument lui est nécessaire pour poursuivre des recherches commencées en 1914 sur les phénomènes électriques qui accompagnent les sécrétions glandulaires et en particulier les sécrétions du suc gastrique ».

II. — *Subventions accordées à la demande d'établissements convoqués au Comité consultatif de la Fondation par le président de l'Académie.*

1° *Conservatoire national des Arts et Métiers.* — 6000fr à M. **Henri Chaumat**, professeur à cet établissement, pour ses études sur les propriétés électriques et magnétiques du fer obtenu par voie électrolytique.

« En prenant la succession de M. Marcel Deprez dans la chaire d'électricité industrielle du Conservatoire des Arts et Métiers, j'ai trouvé, nous dit M. Chaumat, un laboratoire à peu près démuni de moyens de travail. La pénurie est aussi grande en appareils pour des expériences de cours qu'en appareils de précision pour des recherches.

» Je voudrais entreprendre des recherches sur les propriétés électriques et magnétiques du fer obtenu par voie électrolytique. »

2° *Laboratoire central d'Électricité.* — 10000fr à cet établissement pour les recherches qui y sont poursuivies, sous la direction de M. Paul Janet, sur les étalons de l'ohm international.

M. Paul Janet adresse une demande de subvention en faveur du Laboratoire central d'Électricité pour des recherches sur les étalons absolus de l'ohm international.

« Ces mesures seront particulièrement difficiles et pénibles; le voisinage du métropolitain empêche dans la journée l'usage des galvanomètres sensibles qu'il sera nécessaire d'employer. Il est donc probable que les mesures définitives devront être effectuées la nuit, entre 1$^h$ et 3$^h$ du matin. Il sera nécessaire de rétribuer d'une manière spéciale le personnel travaillant dans ces conditions. D'autre part, certains appareils de mesure et certaines appropriations des appareils existants seront nécessaires. Étant donnés ces frais matériels et l'évaluation du temps nécessaire à ces mesures, que nous estimons s'élever à plusieurs mois, nous pensons qu'une subvention de 10000$^{fr}$ nous serait indispensable pour mener à bien ce travail, qui permettra à la France d'être représentée dans les recherches internationales que nous avons rappelées plus haut. »

III. — *Subventions accordées sur demandes directes.*

1° 10000$^{fr}$ à M. **Charles Alluaud**, explorateur, et au D$^r$ **R. Jeannel**, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse, pour l'achèvement de l'étude des collections zoologiques et botaniques qu'ils ont rapportées de leur voyage dans les hautes montagnes de l'Afrique orientale et pour leur publication.

Les auteurs de la demande signalent que : « Ils ont reçu d'importants manuscrits qu'il faudrait donner à l'impression pour terminer leur œuvre. Six Mémoires restent à publier et certains d'entre eux sont d'une grande importance. L'un d'entre eux, celui de M. Brölemann, sur les diplopodes, est même un travail de haute portée scientifique, qui sera certainement un des joyaux de la publication.

» Il n'est pas nécessaire d'insister sur le besoin de recevoir encore l'aide bienveillante de l'Académie des Sciences. Alors que les Mémoires parus en 1915 étaient imprimés chez F. Didot au prix de 90$^{fr}$ la feuille, c'est maintenant 260$^{fr}$ la feuille que coûte la même impression. »

2° 5000$^{fr}$ à M. **Jules Baillaud**, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, pour l'établissement d'un microphotomètre enregistreur du type imaginé en 1912 par P. Koch.

3° 3000$^{fr}$ à M. **Henry Bourget**, directeur de l'Observatoire de Marseille, pour le *Journal des Observateurs*.

L'auteur fait valoir à l'appui de sa demande le coût actuel des impres-

sions : « Je tire à 300 exemplaires, je distribue 116 exemplaires et j'ai 65 abonnés à 35fr le volume.

» Par suite des majorations successives dans toutes les matières premières et dans la main-d'œuvre, je vais payer cette année environ 325fr la feuille d'impression in-quarto.

» Je n'ai pas, dans mon budget de l'Observatoire, des crédits spéciaux pour les frais de cette publication, que je prends sur les frais généraux d'impression; d'autre part, je reçois journellement de plus en plus de copie, tant des observatoires alliés que des observatoires français, et il m'est de plus en plus difficile de pouvoir faire paraître en temps voulu les observations que l'on m'envoie. »

4° 2000fr à M. **Clément Codron**, directeur du Laboratoire des essais industriels à l'Institut industriel du nord de la France pour ses recherches sur le sciage des métaux.

« Je sollicite une subvention, dit l'auteur de la demande,

» 1° Pour récompenser les essais que j'ai faits depuis plus de vingt années;

» 2° Pour me permettre de poursuivre ceux que j'ai entrepris sur le sciage des métaux, essais très longs et très dispendieux, dont le programme comporte :

» *a*. Étude des scies et des scieuses à lame droite;

» Théorie de l'équilibre de la lame droite sciant des pièces de sections diverses;

» Essais de sciage de divers métaux; essais de durée d'une lame droite et essais de rendement;

» Diagrammes nombreux et longs calculs;

» Étude des modèles de scieuses employés dans l'industrie.

» *b*. Étude des scieuses à lame sans fin employées dans l'industrie.

» *c*. Étude des scieuses à lame circulaire.

» *d*. Étude des disqueuses ou machines à disques lisses.

5° 5000fr à l'**École d'Anthropologie** pour la publication de la *Revue d'Anthropologie*.

« L'augmentation toujours croissante des frais d'impression entraîne maintenant de nouvelles et onéreuses conditions de notre éditeur et nous met aujourd'hui dans une situation difficile, devant laquelle les moyens très restreints dont dispose la *Revue d'Anthropologie* restent impuissants. »

6° 4000fr à M. le Dr **Justin Jolly**, directeur du Laboratoire d'histologie

à l'École des hautes études, pour la publication d'un ouvrage sur le sang et l'hématoporèse.

L'auteur de la demande sollicite une subvention « destinée à la publication d'un ouvrage original sur le sang et l'hématoporèse, dont l'analogue n'existe ni en France ni à l'étranger, et qui doit comprendre environ 1000 pages et 500 figures. Sans la guerre, ce livre, qui sous une forme didactique donne un ensemble de recherches sur le sujet, aurait déjà paru ».

7° 7000$^{fr}$ à M. **Louis Joubin**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication des résultats de l'expédition antarctique française.

« Il s'agit de publier deux Mémoires de M. Peragallo sur les Diatomées antarctiques, faisant suite à la publication de l'expédition antarctique française. Les fascicules prévus formeront 100 à 120 pages de texte in-4° avec 7 planches hors texte.

» Les prix des publications augmentent tous les jours et il est à craindre que le chiffre actuel établi par la librairie Masson ne soit prochainement encore dépassé. »

8° 3000$^{fr}$ à feu **Jules Laurent**, professeur à l'École de médecine de Reims, pour la publication de la flore et géographie raisonnée des environs de Reims.

M$^{me}$ V$^{ve}$ Laurent, aujourd'hui elle-même décédée, a demandé une subvention pour la publication de cette œuvre de son mari, que dirige notre confrère M. Gaston Bonnier. « Cette publication sur la géographie botanique et agricole des environs de Reims et de la plus grande partie de la Champagne est en voie d'exécution. Elle comporte, outre le texte, de nombreuses figures et cartes.

» Or les prix d'impression et de papier ont augmenté dans une forte proportion, et bien que j'aie contribué moi-même aux frais de cette publication, celle-ci ne pourrait être achevée sans cette subvention. »

9° 3000$^{fr}$ à MM. **Henri Brocard**, lieutenant-colonel du génie, et **Léon Lemoyne**, pour la publication des Tomes II et III de leur ouvrage intitulé : *Courbes géométriques remarquables planes et gauches*.

Il manquait, nous a-t-il semblé, un ouvrage qui, rassemblant dans une abondante bibliographie les travaux publiés sur cette partie de la Science — travaux épars à travers les revues mathématiques — ainsi que les résultats

les plus importants que l'on avait obtenus, pût servir de point de départ pour des recherches nouvelles.

« Nous avons publié le Tome I à nos frais; nous comptions publier de même les Tomes II et III. Mais à l'heure actuelle la hausse considérable des prix d'impression et du papier ne nous permet plus de continuer seuls l'exécution de notre projet. »

10° 2000$^{fr}$ à M. A. **Menegaux**, assistant au Muséum d'histoire naturelle, pour la *Revue française d'Ornithologie*.

L'auteur de la demande sollicite le renouvellement de la subvention qui a été déjà accordée l'année précédente : « Pendant la guerre, grâce à l'aide des abonnés, la Revue a pu paraître régulièrement, mais nous ne sommes malheureusement pas revenus aux conditions normales, cas les frais d'impression continuent à augmenter sensiblement. »

11° 5000$^{fr}$ à M. **Charles Nordmann**, astronome à l'Observatoire de Paris, pour ses recherches sur la photométrie hétérochrome stellaire.

12° 8000$^{fr}$ à l'*Observatoire de Zi-ka-wei*, près de Chang-haï, en Chine (R. P. **Gauthier**, directeur), pour l'enregistrement des signaux horaires émis par les centres lointains.

13° 2000$^{fr}$ à l'abbé O. **Parent**, professeur à l'Institution Sainte-Marie, à Aire-sur-Lys (Pas-de-Calais), pour ses études sur un groupe de Diptères : les Dolichopodides.

« L'auteur se propose de produire une monographie des espèces françaises de Dolichopodides.

» Cette œuvre suppose un état exact et aussi complet que possible des espèces vivant sur notre sol. Ce recensement, qui exige des chasses personnelles et l'aide de correspondants, n'est pas achevé.

» Ce travail de recensement, mené à bien, permettrait d'établir la distribution géographique des espèces de France, d'en noter les particularités, d'en rechercher les raisons et d'établir une comparaison entre la faune française et celle des pays limitrophes, où les recherches ont été poussées plus avant que chez nous. »

14° 10000$^{fr}$ à MM. G. **Pruvot** et G. **Racovitza**, directeurs des *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, pour cette publication.

« Dès le début de la guerre, toutes les Revues techniques spécialisées qui étaient entre les mains d'éditeurs, libraires, commerçants ont suspendu leur publication et elles ne l'ont pas encore reprise. Seuls ont continué à

paraître ceux des recueils dont les directeurs scientifiques avaient assumé personnellement la charge.

» Parmi ces derniers, les *Archives de Zoologie expérimentale* ont fait paraître, depuis juillet 1914, 62 fascicules formant la matière de 5 volumes et sont encore le seul périodique en état de publier les travaux importants des zoologistes français avec toute l'étendue de texte, l'abondance de dessins et de planches que réclament les recherches modernes ; mais le déficit qui n'a pas cessé d'augmenter depuis 1914 arrive à dépasser nos forces. Et l'on ne peut espérer, d'autre part, une modification prochaine de ce désastreux état de choses. »

15° 6000fr à M. **Alcide Railliet**, professeur honoraire des Écoles nationales vétérinaires, pour un ensemble de recherches sur les parasites des animaux domestiques de l'Indo-Chine.

« Ces recherches, dit l'auteur de la demande, sont en cours depuis plusieurs années et ont déjà été l'objet de diverses Notes. Elles me paraissent mériter d'être poursuivies et publiées, en raison de l'intérêt qu'elles peuvent présenter au double point de vue scientifique et pratique. »

16° 4000fr à M. **J.-J. Rey**, directeur adjoint de l'Observatoire de Toulouse, pour la publication d'une géographie botanique des Pyrénées centrales.

« Le montant de cette subvention, déclare l'auteur de la demande, serait affecté à la continuation de travaux effectués à l'Observatoire du Pic du Midi, en vue de la publication, dans le Bulletin de l'Observatoire de création toute récente, d'une géographie botanique des Pyrénées centrales. »

17° 10000fr à M. **Maximilien Ringelmann**, professeur à l'Institut national agronomique, pour des recherches relatives aux constantes physiques et mécaniques des métaux destinés à la construction des machines agricoles.

L'auteur de la demande en précise ainsi l'objet.

« Mon programme est divisé en trois parties :

» 1° Étude des métaux des différentes pièces des machines agricoles réputées, construites avant la guerre, lorsque nos constructeurs étaient à même de choisir empiriquement leurs matières premières.

» Cette partie présente des difficultés : il me faut chercher ou faire chercher sur place (frais de déplacement) les échantillons en visitant des exploitations agricoles, surtout celles de mes anciens élèves capables de comprendre le but scientifique de mes recherches, et incapables de me tromper sur la provenance des pièces. »

« Les deuxième et troisième parties sont résumées dans ma récente Communication à l'Académie des Sciences (3 novembre 1919, p. 807) : *Sur les recherches de résistance à l'usure des pièces de machines agricoles.*

» Pour la deuxième partie, le manège spécial est en cours de montage.

» L'exécution de la troisième partie du programme (essais dans les champs) nécessitant la construction de chariots spéciaux, de nombreuses journées d'attelages, des frais de déplacement du personnel dans plusieurs exploitations, ne peut s'entreprendre et être accélérée qu'à la condition d'avoir un budget suffisant à ma disposition. »

18° 12000$^{fr}$ à l'**Académie des Sciences** pour l'établissement de l'inventaire des périodiques scientifiques et techniques dans les bibliothèques de Paris.

Voici le texte même du rapport présenté par M. A. Lacroix :

« L'inventaire des périodiques des sciences pures et des applications de la science possédés par les bibliothèques publiques à Paris, inventaire qui se poursuit sous le patronage de l'Académie, est une œuvre considérable qui rendra les plus grands services aux chercheurs.

» Une première étape a consisté à réunir des fiches qualitatives sur ce que possèdent les bibliothèques parisiennes; elle est franchie. Nous avons environ 15000 fiches, qu'il s'agit de mettre au net, au point de vue bibliographique et au point de vue quantitatif. Il faut en outre concentrer sur une fiche unique les indications concernant un même périodique souvent représenté dans plusieurs bibliothèques.

» Enfin, une dernière révision doit être faite avant l'impression : elle doit être accompagnée de la confection de fiches secondaires d'appels, concernant les villes, les académies, les sociétés, etc., qui compléteront les indications fournies par le titre complet du périodique.

» Ce long travail est effectué par plusieurs bibliothécaires opérant sous ma direction : une fois complète, chaque fiche est dactylographiée et préparée pour l'impression. Si rien ne vient entraver notre organisation, le manuscrit sera prêt pour Pâques 1921.

» La somme de 12000$^{fr}$ demandée est destinée à couvrir les frais de rédaction et de dactylographie qui ont été jusqu'ici et provisoirement assurés sur les fonds particuliers de l'Académie. »

Les subventions accordées s'élèvent à la somme de 131200$^{fr}$. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le donateur :*

| | |
|---|---|
| | fr |
| École nationale vétérinaire d'Alfort | 8000 |
| École nationale vétérinaire de Lyon : M. François Maignon | 3200 |
| École nationale vétérinaire de Toulouse : M. Jean Lafon | 3000 |

2° *Subventions accordées à la demande d'établissements convoqués au Comité consultatif de la Fondation par le président de l'Académie :*

| | |
|---|---|
| Conservatoire national des Arts et Métiers : M. Henri Chaumat | 6000 |
| Laboratoire central d'Électricité | 10000 |

3° *Subventions accordées par demandes directes :*

| | |
|---|---|
| MM. Charles Alluaud et le Dr R. Jeannel | 10000 |
| M. Jules Baillaud | 5000 |
| M. Henry Bourget | 3000 |
| M. Clément Codron | 2000 |
| École d'Anthropologie | 5000 |
| M. Justin Jolly | 4000 |
| M. Louis Joubin | 7000 |
| Feu Jules Laurent | 3000 |
| MM. Henri Brocard et L. Lemoyne | 3000 |
| M. A. Menegaux | 2000 |
| M. Charles Nordmann | 5000 |
| Observatoire de Zi-Ka-Wei | 8000 |
| M. l'abbé Parent | 2000 |
| MM. G. Pruvot et G. Racovitza | 10000 |
| M. A. Railliet | 6000 |
| M. J.-J. Rey | 4000 |
| M. Ringelmann | 10000 |
| Académie des sciences | 12000 |
| Total | 131200 |

## FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Guyon, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet, Quénu, Widal; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. Charles Vaillant, chef du laboratoire de radiographie à l'hôpital Lariboisière, en récompense des services qu'il rend depuis de nombreuses années à la science radiographique, et qu'il a payés d'une série de douloureuses mutilations.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## CONDITIONS GÉNÉRALES DES CONCOURS.

Les pièces manuscrites ou imprimées, destinées aux divers concours de l'Académie des sciences, doivent être adressées à MM. les Secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences, quai Conti, n° 23, à Paris, avec une lettre constatant l'envoi et indiquant le concours pour lequel elles sont présentées.

Les ouvrages imprimés doivent être envoyés au nombre de *trois exemplaires*.

Les manuscrits doivent être écrits en français.

Par une mesure générale, l'Académie a décidé que la clôture de tous les concours aura lieu le 31 décembre de l'année qui précède celle où le concours doit être jugé.

Les concurrents doivent indiquer, par une analyse succincte, la partie de leur travail où se trouve exprimée la découverte sur laquelle ils appellent le jugement de l'Académie.

Les concurrents sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages ou mémoires envoyés aux concours; les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies au secrétariat.

Le même ouvrage ne pourra pas être présenté, la même année, aux concours de deux académies de l'Institut de France.

L'Académie se réserve d'examiner, sans aucune condition de candidature, les titres des savants qui pourraient mériter les prix.

Le montant des sommes annoncées pour les prix n'est donné qu'à titre d'indication, subordonnée aux variations du revenu des fondations.

Nul n'est autorisé à prendre le titre de LAURÉAT DE L'ACADÉMIE, s'il n'a été jugé digne de recevoir un PRIX. Les personnes qui ont obtenu des *récompenses*, des *encouragements*, des *mentions* ou des *subventions* n'ont pas droit à ce titre.

*Nota.* — L'Académie a supprimé, depuis l'année 1902, la formalité qui rendait *obligatoire* l'anonymat pour certains concours, avec dépôt d'un pli cacheté contenant le nom de l'auteur. Cette formalité est devenue *facultative*.

## LECTURES.

M. A. Lacroix, Secrétaire perpétuel, lit une Notice historique sur *Albert-Auguste de Lapparent*.

A. Lx et E. P.

# TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

## ANNÉE 1920.

FONDATIONS SPÉCIALES.



PRIX DES GRANDES ÉCOLES.



## FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

# TABLEAU DES FONDATIONS [1]

*pour les années* 1921, 1922, 1923, 1924, ....

### MATHÉMATIQUES.

1921. Prix Francœur.
1922. Prix Poncelet.

### MÉCANIQUE.

1921. Prix Montyon.
1921. Prix Poncelet.
1921. Prix Boileau.
1921. Prix Pierson-Perrin.
1922. Prix Fourneyron.
1922. Prix Henri de Parville.

### ASTRONOMIE.

1921. Prix Lalande.
1921. Prix Benjamin Valz.
1921. Prix G. de Pontécoulant.
1922. Prix Janssen.
1923. Prix Damoiseau.
1925. Prix Pierre Guzman.

### GÉOGRAPHIE.

1921. Prix Gay. — *Progrès les plus récents dans la géodésie.*
1921. Fondation Tchihatchef.
1922. Prix Delalande-Guérineau.
1922. Prix Binoux.

### NAVIGATION.

1921. Prix de six mille francs, destiné à récompenser tout progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales.
1921. Prix Plumey.

### PHYSIQUE.

1921. Prix Gaston Planté.
1921. Prix Henri de Parville.
1921. Prix Hébert.
1921. Prix Hughes.
1921. Fondation Clément Félix.
1922. Prix L. La Caze.
1922. Prix Kastner-Boursault.
1923. Prix Pierson-Perrin.
1923. Fondation Danton.

### CHIMIE.

1921. Prix Montyon. — *Arts insalubres.*
1921. Prix Jecker.
1921. Fondation Cahours.
1921. Prix Houzeau.
1921. Prix Berthelot
1922. Prix L. La Caze.

### MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

1921. Prix Cuvier.
1921. Prix Delesse.
1921. Prix Victor Raulin. — *Géologie et Paléontologie.*
1921. Prix Joseph Labbé.
1922. Prix James Hall.
1923. Prix Fontannes.

### BOTANIQUE.

1921. Prix Desmazières.
1921. Prix Montagne.
1921. Prix Jean Thore.
1921. Prix de Coincy.
1921. Prix Jean de Rufz de Lavison.
1922. Prix de la Fons-Mélicocq.

### ÉCONOMIE RURALE.

1923. Prix Bigot de Morogues.

### ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

1921. Prix da Gama Machado.
1921. Fondation Savigny.
1922. Prix Cuvier.
1922. Prix Jean Thore.

### MÉDECINE ET CHIRURGIE.

1921. Prix Montyon.
1921. Prix Barbier.
1921. Prix Bréant.

[1] [illegible] voir l'*Annuaire de l'Académie.*

1921. Prix Godard.
1921. Prix Mège.
1921. Prix Bellion.
1921. Prix du baron Larrey.
1921. Prix Argut.
1923. Prix Chaussier.
1925. Prix Dusgate.

### PHYSIOLOGIE.

1921. Prix Montyon.
1921. Prix Lallemand.
1921. Prix Philipeaux.
1921. Prix Fanny Emden.
1922. Prix L. La Caze.
1922. Prix Martin-Damourette.
..... Prix Pourat.

### STATISTIQUE.

1921. Prix Montyon.

### HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

1921. Prix Binoux.

### MÉDAILLES.

1921. Médaille Arago.
1921. Médaille Lavoisier.
1921. Médaille Berthelot.

### PRIX GÉNÉRAUX.

1921. Prix fondé par l'Etat : Grand Prix des Sciences physiques. — *Etablir une classification méthodique des plantes vasculaires paléozoïques*..............
1921. Prix Bordin (Sciences mathématiques). — *Perfectionner les théories sur l'*analysis situs*, développées par Poincaré dans des mémoires célèbres. On cherchera à rattacher, au moins dans des cas particuliers étendus, les questions de géométrie de situation, concernant une multiplicité donnée, à l'étude d'expressions analytiques convenablement choisies.*
1921. Prix Petit d'Ormoy.
1921. Prix Le Conte.
1921. Prix Jean Reynaud.
1921. Prix du baron de Joest (Sciences physiques).
1921. Prix Parkin.
1921. Prix Saintour (Sciences mathématiques).
1921. Prix Henri de Parville.
1921. Prix Lonchampt.
1921. Prix Henry Wilde.
1921. Prix Gustave Roux.
1921. Prix Thorlet.
1922. Prix fondé par l'Etat : Grand Prix des Sciences mathématiques. — *La détermination des classes etendues de surfaces par des propriétés données de leurs lignes géodésiques considérées dans l'espace ordinaire.*
1922. Prix Alhumbert (Sciences physiques).
1922. Prix Bordin (Sciences physiques). — *De la tubérisation d'origine cryptogamique.*
1922. Prix Vaillant (Sciences physiques).
1922. Prix Houllevigue (Sciences mathématiques).
1922. Prix Saintour (Sciences physiques).
1922. Prix Caméré.
1922. Prix Victor Raulin (Météorologie et Physique du Globe).
1923. Prix fondé par l'État : Grand Prix des Sciences physiques. — *Étude des minerais de fer sédimentaires de l'ère secondaire.*
1923. Prix Bordin (Sciences mathématiques). — *Trouver tous les cas où la recherche des surfaces admettant un elément linéaire donné conduit à une équation aux dérivées partielles du second ordre intégrable par la méthode de Darboux.*
1923. Prix Serres.
1923. Prix Estrade-Delcros (Sciences mathématiques).
1924. Prix Vaillant (Sciences mathématiques).
1924. Prix Houllevigue (Sciences physiques).
1924. Prix Jean-Jacques Berger.
1924. Prix Parkin.
1926. Prix du baron de Joest (Sciences mathématiques).
1927. Prix Alhumbert (Sciences mathématiques).
1927. Prix Parkin.
1928. Prix Estrade-Delcros (Sciences physiques).
1929. Prix Theurlot.

### FONDATIONS SPÉCIALES.

1921. Fondation Lannelongue.

### PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

1921. Prix Laplace.
1921. Prix L.-E. Rivot.

### FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

1921. Fondation Trémont.
1921. Fondation Gegner.
1921. Fondation Henri Becquerel.
1921. Fonds Bonaparte.
1921. Fondation Loutreuil.
1921. Fonds Charles Bouchard.
1922. Fondation Jérome Ponti (Sciences mathématiques).
1924. Fondation Jérome Ponti (Sciences physiques).

# TABLEAU PAR ANNÉE

## DES PRIX POUR 1921, 1922, 1923, 1924, .....

## 1921.

### MATHÉMATIQUES.

Prix Francœur.

### MÉCANIQUE.

Prix Montyon.
Prix Poncelet.
Prix Boileau.
Prix Pierson-Perrin.

### ASTRONOMIE.

Prix Lalande.
Prix Benjamin Valz.
Prix G. de Pontécoulant.

### GÉOGRAPHIE.

Prix Gay.
Fondation Tchihatchef.

### NAVIGATION.

Prix de six mille francs, destiné à récompenser tout progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales.
Prix Plumey.

### PHYSIQUE.

Prix Gaston Planté.
Prix Henri de Parville.
Prix Hébert.
Prix Hughes.
Fondation Clément Félix.

### CHIMIE.

Prix Montyon. — Arts insalubres.
Prix Jecker.
Fondation Cahours.
Prix Houzeau.
Prix Berthelot.

### MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Prix Cuvier.
Prix Delesse.
Prix Victor Raulin.
Prix Joseph Labbé.

### BOTANIQUE.

Prix Desmazières.
Prix Montagne.
Prix Jean Thore.
Prix de Coincy.
Prix Jean de Rufz de Lavison.

### ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Prix da Gama Machado.
Fondation Savigny.

### MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Prix Montyon.
Prix Barbier.
Prix Bréant.
Prix Godard.
Prix Mège.
Prix Bellion.
Prix du baron Larrey.
Prix Argut.

### PHYSIOLOGIE.

Prix Montyon.
Prix Lallemand.
Prix Philipeaux.
Prix Fanny Emden.

### STATISTIQUE.

Prix Montyon.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE ARAGO.
MÉDAILLE LAVOISIER.
MÉDAILLE BERTHELOT.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.
PRIX BORDIN (Sciences mathématiques).
PRIX PETIT D'ORMOY (Sciences mathématiques pures ou appliquées et Sciences naturelles).
PRIX LE CONTE.
PRIX JEAN REYNAUD.
PRIX DU BARON DE JOEST (Sciences physiques).
PRIX PARKIN.
PRIX SAINTOUR (Sciences mathématiques).
PRIX HENRI DE PARVILLE.
PRIX LONCHAMPT.
PRIX HENRY WILDE.
PRIX GUSTAVE ROUX.
PRIX THORLET.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.
PRIX L.-E. RIVOT.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.
FONDATION GEGNER.
FONDATION HENRI BECQUEREL.
FONDS BONAPARTE.
FONDATION LOUTREUIL.
FONDS CHARLES BOUCHARD.

## 1922.

PRIX PONCELET (Mathématiques).
PRIX FOURNEYRON.
PRIX HENRI DE PARVILLE (Mécanique).
PRIX JANSSEN.
PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.
PRIX BINOUX.
PRIX L. LA CAZE (Physique).
PRIX KASTNER-BOURSAULT.
PRIX L. LA CAZE (Chimie).
PRIX JAMES HALL.
PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ.
PRIX CUVIER.
PRIX JEAN THORE.
PRIX L. LA CAZE (Physiologie).
PRIX MARTIN-DAMOURETTE.
PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.
PRIX ALHUMBERT (Sciences physiques).
PRIX BORDIN (Sciences physiques).
PRIX VAILLANT (Sciences physiques).
PRIX HOULLEVIGUE (Sciences mathématiques).
PRIX SAINTOUR (Sciences physiques).
PRIX CAMÉRÉ.
PRIX VICTOR RAULIN.
FONDATION JÉRÔME PONTI.

## 1923.

PRIX DAMOISEAU.
PRIX PIERSON-PERRIN.
FONDATION DANTON.
PRIX FONTANNES.
PRIX BIGOT DE MOROGUES.
PRIX CUVIER.
PRIX CHAUSSIER.
PRIX SERRES.
PRIX ESTRADE-DELCROS (Sciences mathématiques).

## 1924.

PRIX HOULLEVIGUE (Sciences physiques).
PRIX JEAN-JACQUES BERGER.
PRIX PARKIN.
FONDATION JÉRÔME PONTI.

## 1925.

Prix Guzman. | Prix Dusgate.

## 1926.

Prix du baron de Joest (Sciences mathématiques).

## 1927.

Prix Alhumbert (Sciences mathématiques). | Prix Parkin.

## 1928.

Prix Estrade-Delcros (Sciences physiques).

## 1929.

Prix Theurlot.

## *ERRATA.*

(Séance du 25 mai 1920.)

Note de M. *M. de Broglie*, Sur la structure fine des spectres de rayons X :

Page 1245, dernière ligne, *au lieu de* j'ai signalé récemment que la raie du spectre K..., *lire* j'ai signalé récemment que la raie $\beta(\lambda = 0,1844 \text{ Å})$ du spectre K....

(Séance du 6 décembre 1920.)

Note de M. *Pierre Teilhard de Chardin*, Sur la succession des faunes de Mammifères dans l'Éocène inférieur européen :

Page 1161, ligne 16 en remontant, *au lieu de* peut-être assez voisins des *Hyrax*, des *Pleuraspidotherium*..., *lire* peut-être assez voisins des *Hyrax*, les *Pleuraspidotherium*....

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 27 DÉCEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *L'Éocène au Pérou.* Note de M. **H. Douvillé.**

Vers la limite nord du Pérou, entre Tumbez et Payta, le rivage de l'Amérique du Sud dessine une sorte de saillant où le Tertiaire a été signalé dès 1842 par d'Orbigny. Il occupe une sorte de synclinal entre les terrains archéens de la Silla de Payta et la Cordillière de Amotape, prolongement des terrains crétacés de l'Équateur et du Venezuela; les couches qui le constituent renferment à la fois du lignite et du pétrole.

D'Orbigny (¹) avait recueilli à Payta, et décrit quatre échantillons de fossiles, parmi lesquels *Rostellaria Gaudichaudi*, trouvé dans un grès jaune verdâtre friable, et qu'il rapproche de *R. fissurella*.

En 1870, Gabb (¹) décrivait une série de fossiles, de la collection Raimondi, provenant également de Payta; il les figurait quelques années plus tard (²) : les uns comme *Purpura chocolatum*, *Mytilus ungulatus*, appartiennent à des espèces vivant encore sur la côte, tandis que d'autres, et en particulier *Cerithium læviusculum* (qui est en réalité un *Faunus*) sont vraisemblablement d'une époque tertiaire ancienne.

Vers la même époque, Nelson (³) décrivait et figurait un certain nombre de fossiles recueillis plus au Nord sur la côte à Zorritos; il les attribuait au Tertiaire supérieur.

---

(¹) *American Journal of Conchology*, vol. 5, p. 25.

(²) *Journ. Ac. nat. Sc. Philadelphia*, vol. 8, 1877, pl. XXXV.

(³) *Trans. of the Connecticut Acad.*, vol. 2, Part I, 1870, p. 186, pl. VI et VII

En 1899, Grzybowski (¹) publiait une étude assez complète de la région; la détermination de l'âge des couches présentait des difficultés particulières : elles étaient en dehors de la zone des grands Foraminifères, Nummulites et Orbitoïdes, qui sont les meilleurs fossiles de la période tertiaire, et en outre elles faisaient partie d'une province zoologique éloignée des régions connues; aussi l'auteur considère-t-il comme nouvelles la plupart des espèces. Il distingue les étages suivants : *Pliocène :* étage de Payta, comprenant des grès et des conglomérats; *Miocène :* étages des schistes bruns de Talara, des grès de Zorritos, des argiles rouges et des schistes bitumineux de Heath; *Oligocène :* étage du Flysch d'Ovibio.

Les déterminations des fossiles paraissent souvent discutables : l'auteur reconnaît lui-même que son *Venericardia clavidens* de Zorritos diffère bien peu de certaines variétés de *V. planicosta;* les nombreuses Turitelles du même étage considérées aussi comme nouvelles sont les unes (*robusta*, *gabbiana?*) à rapprocher de *T. Mortoni*, typique, ou (*infracarinata*) d'une variété de cette espèce, tandis que *T. filicincta* de Heath est bien voisin de *T. carinata* Lea, toutes espèces caractéristiques de l'Éocène de l'Alabama ou du Maryland.

Récemment, j'ai reçu de M. le professeur Lisson de Lima un envoi important de fossiles provenant de localités nouvelles de la même région; ils permettent de démontrer que ces formations appartiennent bien en réalité à l'Éocène.

C'est d'abord un grand Nautile à cloisons sinueuses, *Enclimatoceras Ulrichi* White qui, du Texas à l'Alabama, caractérise les couches les plus inférieures (Midway) de l'Éocène; puis de grands échantillons de *Venericardia densata* Conrad (*planicosta* auct.), costulés seulement dans le jeune âge, forme signalée dans le Lignitic de la même région, et enfin une série d'espèces du Claibornien : *Voluta petrosa* Conrad, avec ses deux plis columellaires caractéristiques, en échantillons plus grands que le type et avec des échancrures antérieure et postérieure plus accentuées, *Pseudoliva vetusta* Conrad, également en grands échantillons, *Fusus Cooperi* Conrad, *Solarium bilineatum* Lea, *Rostellaria* (*Ectinochylus*) *Cuvieri*, cette dernière espèce bien voisine de l'*Ect. canalis* de l'Éocène parisien, et présentant comme lui une gouttière descendant jusqu'à la pointe de la coquille et remontant jusqu'au dernier tour.

---

(¹) *Die tertiärablagerungen des nördlichen Peru und ihre Mollus Kenfauna* (N. J. Beilogeband, 12).

Ce n'est pas la seule espèce qui rappelle les faunes de l'ancien continent : un grand *Pleurotoma*, représenté par plusieurs échantillons bien conservés (Est de Negritos), ne peut être distingué du *Pl. ingens* Mayer-Eymar, de l'Éocène égyptien du Mokattam ; un grand *Mesalia*, uni ou bicaréné, est aussi bien voisin du *M. oxycrepis* M. E., du même niveau. Le genre *Euostrea* a fourni un certain nombre d'échantillons d'une espèce qu'il faut peut-être rapporter à *O. compressirostra* Say, de l'Éocène du Maryland, mais qui ne semble pas différer de nos formes de l'Éocène, et en particulier de certaines variétés de l'*Euostrea strictiplicata* des couches à phosphates de la Tunisie; déjà Conrad avait été frappé de l'analogie du type américain avec l'*O. bellovacina*.

Je puis signaler encore deux espèces nouvelles de *Pirena*, dont l'une de grande taille rappelle l'ornementation du *P. vellicata* Bellardi, de l'Éocène de la Palarea. Enfin une grande espèce de la même localité (Est de Negritos), bien représentée à tous les âges, présente tous les caractères du genre *Glauconia*, disparu en Europe à la fin du Crétacé, mais qui aurait ainsi persisté plus longtemps dans l'Amérique méridionale.

On voit combien ce mélange de faunes est curieux et intéressant, mais dans tous les cas son caractère éocénique est nettement accusé. Il semble que tous les niveaux américains y soient représentés depuis le Midway avec *Enclimatoceras Ulrichi* (de Punta Quebrada verde) et le Lignitic avec *Venericardia densata* (de Monteros), jusqu'au Claibornien de Zorritos; presque toujours les espèces y atteignent une taille plus grande que dans l'Amérique du Nord.

Les couches supérieures de Zorritos paraissent également représentées à Payta; les dernières explorations de J.-A. Broggi montrent que dans cette région on rencontre également au-dessous des grès les couches lignitifères; la coupe serait donc la même que dans la région de Tumbez et il faudrait assimiler aux grès de Zorritos une partie des grès supérieurs de Payta. C'est du reste ce qui vient confirmer la présence dans ces couches du *R. Gaudichaudi* qui ne diffère probablement pas du *R. Cuvieri* de Claiborne et de Zorritos, et du *Faunus lœviusculus*, représenté également dans les grès de Zorritos.

C'est seulement à la partie tout à fait supérieure que les couches de Payta à *Purpura chocolatum* pourraient rester attribuées au Pliocène, si même elles ne représentent pas simplement un ancien rivage soulevé.

Tout cet ensemble des couches tertiaires du Pérou reproduit presque rigoureusement la constitution de l'Éocène de Californie, également lignitifère et pétrolifère; elles en sont le prolongement.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des Schistes Lustrés des Alpes occidentales.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Wilfrid Kilian**.

Les nouvelles observations que nous avons faites, l'été dernier, dans les Alpes françaises, en Briançonnais et en Savoie, et qui ont été le sujet, déjà, de trois Notes (¹) présentées par nous à l'Académie, remettent en question l'âge même des Schistes Lustrés.

Rappelons d'abord — car il importe grandement d'éviter ici toute équivoque — que les Schistes Lustrés sont une *série cristallophyllienne*, une série de haut métamorphisme, formée surtout de calcschistes micacés et de marbres phylliteux très cristallins, et, accessoirement, de roches vertes diverses, de micaschistes et de chloritoschistes. C'est ce que l'un de nous (²) a, en 1901, appelé la *troisième série cristallophyllienne des Alpes occidentales*. Sur l'âge de cette série, on a beaucoup varié et beaucoup discuté (³) : Stoppani, Charles Lory et Lachat l'ont tenue pour triasique; M. Zaccagna, pour prépaléozoïque; Marcel Bertrand, à partir de 1894, pour un faciès métamorphique du Trias supérieur et du Lias. L'un de nous a créé pour elle le nom de *série compréhensive*, en proposant, comme limite inférieure de compréhension, la partie haute du Trias, et comme limite supérieure un niveau indéterminé du Nummulitique. Après la découverte dans les Alpes italiennes, par M. S. Franchi, de divers gisements fossilifères au voisinage des Schistes Lustrés, et après la découverte de Bélemnites, en de nombreux points des Alpes suisses, dans des assises considérées à tort ou à raison comme appartenant aux Schistes Lustrés, on a généralement admis que la série compréhensive métamorphique allait du Rhétien (exclusivement) à l'Éocène (inclusivement), mais plusieurs géologues la restreignaient au Jurassique. Que peut-on dire aujourd'hui sur cette question d'âge, l'une des plus importantes, à coup sûr, de la géologie alpine? C'est à quoi nous allons essayer de répondre.

---

(¹) Pierre Termier et Wilfrid Kilian, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 766-772, 885-891, 1100-1105.

(²) Pierre Termier, *Sur les trois séries cristallophylliennes des Alpes occidentales* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 964-966).

(³) W. Kilian et J. Révil, *Les Schistes Lustrés des Alpes françaises* (*Bull. Soc. de Statistique des Sc. nat. et des Arts indust. de l'Isère*, t. 40, 1919). Voir aussi Alb. Heim, *Geologie der Schweiz*, t. 2, fasc. 6, 1920.

Voici d'abord un principe, ou tout au moins une remarque préliminaire. L'âge d'une série cristallophyllienne ne peut être déterminé avec précision que par l'observation du *passage latéral* des assises cristallines de cette série à des assises sédimentaires fossilifères. La superposition d'assises fossilifères à des assises cristallines prouve, en général, l'antériorité de celles-ci à celles-là; mais la réciproque n'est pas vraie, et la superposition d'une série cristalline à une série fossilifère ne semble pas pouvoir, à elle seule, prouver que le terrain cristallin soit plus jeune que le terrain à fossiles. Il y a lieu, dans ce dernier cas, de supposer le déplacement relatif, par charriage, des deux terrains actuellement placés l'un sur l'autre : car, quelle que soit l'idée que l'on se fasse du métamorphisme régional, on ne peut lui attribuer qu'une cause *profonde*, agissant *per ascensum*. Sans doute, il est à croire que le métamorphisme régional fait, dans une série sédimentaire qu'il envahit, la *tache d'huile;* qu'il se propage un peu, latéralement, et que cette propagation latérale est inégale d'une assise à une autre, suivant leur perméabilité. Mais *un vaste ensemble cristallophyllien ne peut pas s'étendre au-dessus d'un vaste ensemble non métamorphique sans qu'il y ait eu charriage du premier sur le second.*

Cela posé, qu'a-t-on pu, jusqu'ici, *constater*, comme *passage latéral* des Schistes Lustrés à des terrains non métamorphiques? Deux faits, et deux seulement : d'abord, au nord de Bourg-Saint-Maurice, près de Bonneval-les-Bains, le passage (¹) d'une série incontestablement liasique à une série graduellement métamorphique, laquelle s'incorpore peu à peu à la série même des Schistes Lustrés; ensuite, en Ligurie, au nord-ouest de Gênes, le passage (²) des Schistes Lustrés, par diminution graduelle de la cristallinité, à la série sédimentaire *ophiolitique* de l'Apennin, série très épaisse et très monotone, où l'on a trouvé quelques fossiles, trop rares malheureusement et jusqu'ici trop mauvais pour résoudre complètement la question d'âge. Marcel Bertrand a signalé autrefois (1894) un autre passage latéral, dans la montagne de Picheru ou Pichery, non loin de Val-d'Isère :

(¹) Déjà signalé par M. Kilian en 1893; puis par Marcel Bertrand, en 1897, sur la feuille *Albertville* de la Carte géologique; observé de nouveau par MM. Kilian et Lory (1906) et décrit par MM. Kilian et Jacob en 1912 (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 802).

(²) Observé et décrit par MM. P. Termier et J. Boussac en 1911 (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1361). Voir aussi (*Bull. Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, t. 5, 1905, Réunion extraordinaire de Turin) les notes de MM. Haug, Kilian et Sacco sur le *Groupe de Voltri* et son âge en partie liasique.

passage des Schistes Lustrés de la Grande-Sassière à des marbres phylliteux qu'il rapportait au Trias moyen. Mais, comme il y a des marbres phylliteux, tout à fait semblables et même identiques, dans les deux terrains, la conclusion de Marcel Bertrand semble très douteuse; et, ce qui paraît le plus probable, c'est que *tous* les affleurements où il a cru voir un *passage* appartiennent, en réalité, aux Schistes Lustrés [1].

Passage latéral au Lias dans la zone au nord de Bourg-Saint-Maurice, passage latéral à la série ophiolitique dans l'Apennin ligure, c'est tout ce que nous savons, aujourd'hui, de façon certaine. Les conclusions que l'on a précédemment tirées de la superposition des Schistes Lustrés à divers terrains fossilifères sont fautives, en tout cas mal fondées. Nous avons montré récemment, ici même, que les Schistes Lustrés de la zone frontière, entre la Haute-Tarentaise et le Haut-Queyras, sont une nappe, charriée sur le *pays briançonnais* et dont le contact avec les terrains briançonnais est un contact anormal. Qu'importe, dès lors, pour l'âge des Schistes Lustrés, l'âge des assises briançonnaises qui se placent près de ce contact? En fait, ce qui vient ainsi toucher les Schistes Lustrés, ce sont des terrains briançonnais d'âge très varié; ici, du Rhétien; là, du Bathonien; ailleurs, des quartzites du Trias inférieur; plus loin, des calcaires ou des cargneules du Trias moyen ou du Trias supérieur; plus loin encore, des brèches du Lias; ailleurs, enfin, du Jurassique supérieur, ou même du Flysch nummulitique. Le fait de la superposition locale, en Italie (M. Franchi), des Schistes Lustrés à des calcaires triasiques où l'on trouve *Worthenia solitaria*, ne peut plus être considéré comme une preuve irréfutable de la postériorité de ces Schistes au Trias le plus élevé; pas plus que le fait de leur superposition locale à des calcaires où l'on a trouvé des fossiles rhétiens ne prouve d'une façon absolue la postériorité de ces Schistes à l'Infralias.

Il reste des présomptions plus ou moins fortes. Quand le Trias du *pays briançonnais* devient peu à peu métamorphique, en Vanoise, en Haute-Maurienne, en Haute-Tarentaise, on voit ses étages moyen et supérieur, au-dessus des quartzites de la base, augmenter d'épaisseur et ressembler de plus en plus aux Schistes Lustrés : des calcschistes micacés y alternent avec

---

(1) JEAN BOUSSAC, *Feuille de Tignes au* $\frac{50}{1000}$ (*Bull. des Serv. de la Carte géolog. de la France*, t. 23, 1913-1914, p. 201). A voir la minute des contours géologiques laissée par Jean Boussac, il semble que, à Picheru, les Schistes Lustrés reposent sur le Trias en contact anormal, tantôt sur les calcaires, tantôt sur les quartzites, et qu'il n'y ait aucun passage d'un terrain à l'autre.

des marbres plus ou moins phylliteux, et les uns et les autres sont tellement identiques aux assises de même nature minéralogique qui constituent les Schistes Lustrés que la distinction, parfois, devient presque impossible, comme à Picheru, ou difficile, comme au Plan-de-Nette. On a l'impression que si l'on pouvait, à l'est de la Vanoise, enlever la *nappe des Schistes Lustrés*, on verrait le Trias briançonnais presque entier se fondre, graduellement, vers l'Est, dans l'immense complexe cristallin d'où cette nappe est sortie, et ne plus garder de caractéristique et d'individuel que ses quartzites, ses gypses, et parfois des marbres blancs ou des dolomies cristallines. En fait, dans la *nappe des Schistes Lustrés*, qui n'est autre que la *nappe du Mont-Rose* (Émile Argand), le Trias reconnaissable n'apparaît plus que comme un mince étage, lui-même très métamorphique, entre les micaschistes et gneiss du Permo-Houiller et les Schistes Lustrés. D'où la présomption que, là où les Schistes Lustrés sont complets, leur partie basse est du Trias moyen, en entendant par ces mots l'étage des marbres phylliteux triasiques de la Vanoise.

Une autre présomption, moins forte que celle que nous venons de dire, c'est que, si l'on enlevait, à l'est et au sud-est de Briançon, *la nappe des Schistes Lustrés*, on verrait, dans le *pays briançonnais*, le métamorphisme augmenter au fur et à mesure que l'on marcherait vers l'Est, *et s'étendre peu à peu à toute la série sédimentaire* en y effaçant insensiblement les différences de faciès. La ligne à partir de laquelle les terrains briançonnais deviennent ainsi métamorphiques est une ligne sinueuse, voisine du méridien entre l'Arc et l'Isère, oblique sur le méridien, et dirigée du Nord-Ouest au Sud-Est, à partir de Modane, et qui, visible aujourd'hui au nord de l'Arc, se cache, au sud de l'Arc, sous la *nappe des Schistes Lustrés*. C'est du pays, presque entièrement cristallin, situé sur le parcours de cette ligne, à une distance d'ailleurs inconnue, que viennent les écailles, véritables *lambeaux de poussée*, décrites par nous comme entraînées par le charriage des Schistes Lustrés : *terrains singuliers* et *marbres zonés* du Gondran, micaschistes et chloritoschistes permiens et quartzites triasiques du Rio Secco et des montagnes voisines. Dans ce prolongement oriental du Briançonnais, dans ce Briançonnais presque entièrement métamorphique, nous savons ainsi qu'il y a des *Radiolarites* (jaspes rouges du Gondran), des marbres phylliteux, des quartzites triasiques, du Permo-Houiller cristallin. Plus loin vers l'Est, on ne trouverait plus, dans le prolongement du *pays briançonnais*, que micaschistes et gneiss permo-houillers, Schistes Lustrés d'une puissance énorme, peut-être parmi ceux-ci quelques bancs, non transformés, de

Radiolarite, et, à la base des Schistes Lustrés, un peu de Trias, quartziteux ou marmoréen, encore reconnaissable. Il est à présumer que tous les autres faciès briançonnais, si divers, Trias moyen, Trias supérieur, Rhétien et Lias, Bathonien et Malm, marbres crétacés en plaquettes, Nummulitique calcaire et schisteux, se fondent peu à peu, vers l'Est, dans le faciès Schistes Lustrés : mais c'est là une présomption, et non plus une certitude comme on l'a pu croire jadis.

Présomption encore : la persistance du Nummulitique dans la zone des Aiguilles d'Arves, au nord-est des derniers points où l'on est certain qu'elle contient réellement du Nummulitique transgressif. Il semble bien que cette unité tectonique soit atteinte à son tour par le métamorphisme, non pas en même temps que la nappe du Grand-Saint-Bernard, mais plus loin vers le Nord-Est, et qu'elle passe latéralement à une zone de Schistes Lustrés. On peut croire que, dans ces derniers, il y a une part d'Eogène; mais cela n'est pas absolument certain.

Présomption, enfin, tirée de la très grande épaisseur des Schistes Lustrés, partout où on les connaît, épaisseur qui leur permet de constituer, à eux seuls, des ensembles montagneux, des massifs entiers, et qui ne peut se mesurer, semble-t-il, que par plusieurs milliers de mètres. Cette énorme puissance se retrouve dans la série ophiolitique de l'Apennin, avec la même monotonie d'aspect; et ces deux caractères, puissance et monotonie, font naturellement croire à la permanence, prolongée très longtemps, des conditions de la sédimentation, c'est-à-dire à une série largement compréhensive.

La conclusion de tout cela, c'est que les Schistes Lustrés sont une série cristallophyllienne dans laquelle il y a *certainement* du Lias [1], mais qui, *très probablement*, dépasse de beaucoup, quant à son âge, les limites de la période liasique. Il est *à peu près certain* qu'elle embrasse la partie haute du Trias. Il est *certain* qu'elle est au moins aussi *compréhensive* que la série *ophiolitique* de l'Apennin à laquelle elle passe, série où l'on ne peut guère se refuser à voir des termes d'âge crétacé et qui comprend, sans doute, une grande partie du Secondaire. Il est *probable*, enfin, que la partie haute des Schistes Lustrés, tout au moins dans la zone des Aiguilles d'Arves, est d'âge nummulitique. Il y a donc de grandes *vraisemblances* pour que les Schistes Lustrés soient une série compréhensive allant du Trias à l'Eogène, sans que, d'ailleurs, l'on puisse rien affirmer de précis au sujet de ses limites;

---

(1) Alb. Heim, *loc. cit.*, 1920.

la présence de nombreuses intercalations de brèches paraît néanmoins attester l'existence de *discontinuités stratigraphiques sur le bord nord-ouest* de l'aire où elle s'est déposée.

En tout cas, cette formation singulière, que l'on ne connaît, dans les Alpes françaises, qu'à l'état de nappe, ou de lambeaux de recouvrement isolés, est le trait le plus caractéristique de la masse alpine tout entière. On la connaît aujourd'hui sur environ $2000^{km}$ de longueur, depuis la Corse jusqu'au col du Katschberg : ici charriée, là autochtone, mais toujours identique à elle-même; toujours associée au même Trias cristallin ou semi-cristallin, et au même système de gneiss qu'aucune discordance ne sépare du Trias; enfin toujours soulignée par la présence des roches vertes. Formation géosynclinale typique, telle qu'il n'en existe pas de plus parfaite; succédant, dans le temps, et se superposant, en concordance, à un géosynclinal antétriasique dont l'origine se perd dans la nuit des âges; formation qui apparaît tellement liée au processus des phénomènes d'où sortira la chaîne entière que l'on ne peut guère douter de sa continuité à travers plusieurs périodes géologiques. Le fait du prolongement des Schistes Lustrés, avec tous leurs caractères, tout le long de la zone axiale des Alpes, est, sans contredit, l'argument le plus fort en faveur de l'hypothèse (on vient de voir que ce n'est plus qu'une hypothèse) qui les représente comme une série compréhensive allant du Trias moyen au Nummulitique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La transmission héréditaire des caractères acquis et l'accoutumance des microbes.* Note de MM. **Charles Richet** et **Henry Cardot.**

I. Un des problèmes les plus importants de la Physiologie générale est de savoir jusqu'à quel point les caractères acquis peuvent se perpétuer par hérédité. Il nous a semblé que chez les microbes l'étude de la transmission de caractères acquis pouvait présenter un intérêt particulier, du fait que ces êtres donnent en quelques jours plusieurs milliers de générations.

Il est possible d'ailleurs, qu'au point de vue de l'hérédité, l'influence des générations successives ne puisse être comparée chez les microbes et chez les êtres d'évolution plus lente. Peut-être faut-il tenir compte, non de la vie de l'individu, mais de la vie de ses cellules, qu'il s'agisse des êtres supérieurs ou des microbes. Dix générations de bactéries ne sont sans doute pas assimilables à dix générations humaines, puisqu'il y a, dans un cas, trois

heures d'adaptation, et, dans l'autre, trois siècles. Des études ultérieures décideront peut-être de cette difficile question : faut-il mesurer l'adaptation par le temps écoulé ou par le nombre des générations ?

Une autre remarque doit encore être faite : c'est que la transmission des caractères acquis d'une génération à la suivante n'est peut-être pas absolument comparable chez les microbes qui se multiplient par simple division et chez les êtres dont la reproduction est marquée à son début par la conjugaison ou la fusion de deux gamètes d'origines différentes.

Tout de même l'étude de l'accoutumance et de la transmission des caractères acquis chez les microbes est incomparablement plus facile que chez les êtres compliqués polycellulaires, non seulement à cause de la rapidité des générations, mais encore parce que la vie des microbes dépend étroitement des conditions extérieures qui peuvent être modifiées facilement au gré de l'expérimentateur.

II. Nous avons recherché l'influence de substances toxiques sur les microbes en fixant notre choix sur une espèce à multiplication rapide, facile à cultiver en série, et douée de propriétés biochimiques permettant une rapide estimation de son activité. La bactérie lactique répond bien à ces *desiderata*, puisqu'il suffit, pour déterminer les variations dans l'activité des cultures sous l'influence des poisons, de pratiquer de simples dosages acidimétriques.

Il est vraisemblable que les résultats acquis dans l'étude d'un microbe donné sont susceptibles de généralisation et peuvent être étendus aux microrganismes autres que la bactérie lactique. De fait, en étudiant comparativement l'action des toxiques sur des espèces aussi différentes les unes des autres que les ferments lactiques, les streptocoques et les staphylocoques, nous avons constaté des résultats identiques dans leurs grandes lignes.

Avec une technique convenablement réglée et la considération de moyennes portant sur un grand nombre de dosages, on a en mains une méthode de recherche qui permet une étude quantitative de l'adaptation des microbes aux toxiques, c'est-à-dire aussi aux antiseptiques. Nous donnerons ici, en les résumant, les résultats de recherches très nombreuses poursuivies depuis plusieurs années.

La méthode présente une suffisante sensibilité pour permettre de déceler, en usant de statistiques et de moyennes, l'influence surprenante de doses minuscules de substances sur le ferment lactique. On se rend compte ainsi que la dose de $0^{g},001$ de formol dans $100^{cm^3}$ n'est pas sans exercer quelque action, et que la plupart des sels métalliques agissent de même à des doses

extraordinairement faibles, parfois inférieures à $\frac{1}{1\,000\,000\,000}$ de molécule-gramme par litre.

III. Il a fallu d'abord déterminer pour un poison donné, par exemple le nitrate de thallium, la dose toxique qui diminue notablement (de 50 pour 100 au moins) la quantité d'acide lactique formée en 24 heures.

Or un fait important se présente : les microbes ayant végété en présence de cette quantité toxique de nitrate de thallium ont acquis une adaptation au nitrate de thallium, c'est-à-dire qu'ensemencés en séries, ils devenaient peu à peu de plus en plus résistants à l'action du poison.

Le graphique suivant indique avec une netteté indiscutable ce phénomène de l'accoutumance.

Milieu témoin — N A

Milieu à 1 °/₀₀ de $NO^3Tl$ — N A

Milieu à 2 °/₀₀ de $NO^3Tl$ — N A

N. Ferment normal; A. Ferment accoutumé (à 1 °/₀₀ de $NO^3Tl$).

La hauteur de la colonne indique l'intensité de la fermentation (quantité d'acide formé).

On voit : 1° Qu'en milieu normal, le ferment normal pousse mieux que le ferment accoutumé;

2° Qu'en milieu à 1 °/₀₀ de $NO^3Tl$, le ferment normal pousse moins bien que le ferment accoutumé;

3° Qu'en milieu à 2 °/₀₀ de $NO^3Tl$, le ferment normal ne pousse plus du tout, tandis que le ferment accoutumé pousse très bien.

IV. Divers faits importants sont à noter dans cette accoutumance.

A. L'accoutumance aux toxiques n'est pas spéciale au nitrate de thallium, ni même aux sels métalliques. Avec le nitrate de thallium et les

arséniates, elle est maximale. Mais nous avons pu l'observer pour le bromure de potassium, le saccharose, les sels de vanadium, de zinc, de cuivre, le phénol.

Une exception, très manifeste d'ailleurs, est donnée par le bichlorure de mercure. Il semble que, loin de s'habituer à ce poison, le bacille lactique lui devienne de plus en plus sensible.

B. L'accoutumance est *spécifique*. Les races microbiennes habituées au thallium n'ont acquis aucune immunité pour les autres toxiques, et réciproquement.

C. Reporté sur milieu normal, le ferment accoutumé à un liquide toxique végète pendant quelques jours un peu moins bien qu'un ferment normal. Plus tard, son activité redevient égale à celle du témoin. *Mais il a gardé son immunité spécifique vis-à-vis du thallium.*

Un microbe habitué depuis trois ou quatre mois au thallium, garde sa résistance spécifique à la toxicité du thallium pendant longtemps (20 jours au moins); tandis que s'il n'a végété antérieurement que pendant un mois sur le thallium, il perd sa spécifité (contre le thallium) en quelques jours quand on le fait végéter sur milieu normal.

D. On peut, suivant le procédé classique, par une dilution des semences poussée à la limite, obtenir une culture provenant selon toute vraisemblance d'un seul germe. La probabilité pour qu'il en soit ainsi équivaut à une certitude, si l'on pratique par cette méthode des dilutions plusieurs purifications successives et rapprochées. De telles cultures ne présentent, vis-à-vis des toxiques, aucune diminution du pouvoir d'accoutumance. C'est bien la descendance d'une seule cellule qui se différencie par des adaptations successives, maintenues sur l'hérédité.

E. L'accoutumance ne se produit pas graduellement, mais par des *à-coups*, rappelant les mutations brusques qu'on a admises chez certains organismes supérieurs.

F. Les microbes accoutumés, c'est-à-dire, somme toute, modifiés dans leurs propriétés normales, sont d'une notable fragilité; dès que le milieu de culture est modifié, ils dépérissent et meurent.

G. Par le fait de l'accoutumance, le *pouvoir ferment*, c'est-à-dire la quantité d'acide lactique pouvant être formée aux dépens du lactose par une quantité donnée de levure sèche, prise pour unité, va en augmentant dans une proportion considérable.

Soit le pouvoir ferment des microbes témoins égal à 100, quel a été le pouvoir ferment des microbes accoutumés?

| Durée de la fermentation. | Milieu à 1 pour 1000 de $NO^3Tl$. | Milieu à 7 pour 1000 de $NO^3Tl$. |
|---|---|---|
| 18 heures | 90 | » |
| 24 » | 89 | 124 |
| 46 » | » | 124 |
| 48 » | 78 | » |
| 123 » | » | 156 |

Ainsi, avec la concentration du poison, le pouvoir ferment se développe; comme si, pour compenser la forte diminution de la reproduction, l'activité biochimique des bactéries s'était exaltée afin de maintenir à un niveau normal le processus de fermentation.

V. Telles sont, très brièvement résumées, les lois que nous avons pu établir pour l'accoutumance du ferment lactique; elles conduisent à des conclusions pratiques et théoriques importantes.

*Au point de vue théorique*, il est établi maintenant qu'un caractère acquis peut se maintenir chez les microbes pendant une longue suite de générations.

*Au point de vue pratique*, l'accoutumance des microbes aux toxiques équivaut à l'accoutumance des microbes aux antiseptiques. De là cette conséquence, que l'un de nous a ailleurs développée, qu'il faut alterner les antiseptiques; car dans une plaie les microbes pathogènes, au contact d'un antiseptique, donnent des générations qui en supportent des quantités de plus en plus grandes, sans être troublée dans leur évolution.

Il y a des antiseptiques pour lesquels l'accoutumance ne se fait pas; ce sont les sels de mercure. Mais les sels de mercure sont très irréguliers dans leur action. En opérant avec la dose toxique limite, on voit dans des solutions contenant $0^g,01$ de $HgCl^2$ par litre, tantôt la fermentation tout à fait arrêtée, tantôt la fermentation aussi active (et parfois plus active) qu'à l'état normal.

Aussi avons-nous proposé de classer les antiseptiques en *réguliers* et *irréguliers*, selon la régularité ou l'irrégularité de leur action. Il faudra donc choisir les antiseptiques dont l'action est régulière; et, en outre, alterner ces antiseptiques réguliers.

Il est permis de supposer que cette accoutumance aux antiseptiques n'est pas limitée aux antiseptiques mêmes, mais qu'elle s'étend à toutes les actions toxiques, puisque toute action thérapeutique est, en fin de compte, une action toxique. Par conséquent, dans le traitement des

maladies, il faut alterner les médicaments et les médications; ce que l'on peut exprimer par une formule d'apparence paradoxale : *quand une médication a réussi, il est bon de la remplacer par une autre.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le point de fusion de la houille.* Note de MM. **Georges Charpy** et **Jean Durand**.

C'est un fait bien connu que l'action de la chaleur produit, sur certaines houilles, un ramollissement qui a été désigné parfois sous le nom de fusion. Ce phénomène est extrêmement important au point de vue de la fabrication du coke, puisqu'il marque l'agglomération caractéristique de la cokéfaction; il ne semble pas cependant que la température à laquelle il se produit ait jamais été déterminée avec précision.

Nous nous sommes proposé de reprendre cette étude en raison de l'intérêt qu'elle présente au point de vue de la fixation des conditions rationnelles de fabrication du coke.

Dans une première série d'essais, nous avons cherché si les variations de volume en fonction de la température présentaient une discontinuité caractéristique du changement d'état. Le mode opératoire employé est le suivant :

Le charbon, finement broyé et humecté d'eau, est moulé en petits cylindres de $35^{mm}$ de longueur environ, desséchés à l'étuve à 105°, puis placés dans un tube de verre de diamètre très légèrement supérieur. Une baguette de verre, effilée à une extrémité, est placée sur le cylindre de charbon. Le déplacement de la baguette, guidée par le tube de verre, permet de suivre sur une graduation les changements de volume des cylindres de charbon. Le tube ainsi préparé est placé dans une enveloppe en cuivre rouge et chauffé au bain de plomb; la température est mesurée au thermomètre à mercure jusqu'à 460°, et au couple thermo-électrique au delà.

Au cours du chauffage et à partir d'une certaine température, variable suivant les échantillons et la vitesse d'échauffement, on observe les phénomènes suivants : le cylindre subit d'abord une contraction progressive dont l'importance peut atteindre $12^{mm}$ pour un cylindre de $35^{mm}$; cette contraction passe par un maximum puis s'annule. Si l'on poursuit le chauffage, l'échantillon présente une augmentation du volume apparent, quelquefois très importante, que la présence de bulles internes empêche cependant de considérer comme une véritable dilatation; cette augmentation de volume est enfin suivie de la deuxième contraction caractéristique de la

cokéfaction proprement dite. C'est à la température correspondant au maximum de la première contraction que la fusion se produit, caractérisée nettement par le fait que le charbon se ramollit et remplit complètement le tube de verre, dont l'épaisseur cesse d'être visible par transparence.

Ce procédé d'observation qui est intéressant, puisqu'il met en évidence une contraction de la houille aux environs du point de fusion, présente, pour certaines houilles, des difficultés expérimentales du fait que la zone de départ des goudrons peut empiéter sur la zone de contraction, et gêner le déplacement normal de l'index. Nous avons donc contrôlé les résultats obtenus ainsi par une seconde méthode : chauffage en tube scellé, sous pression d'hydrogène sec; dans ces conditions, les hydrocarbures ne se dégagent pas et la fusion peut s'observer très nettement.

Le mode opératoire est le suivant : le charbon moulé en cylindres, comme il est dit plus haut, est placé dans un tube de verre que l'on purge par un courant prolongé d'hydrogène sec et que l'on scelle. Cette opération doit être faite avec beaucoup de soin pour éviter les explosions au chauffage; néanmoins, en employant du verre dur, on a pu monter jusqu'à 600°; le chauffage est effectué dans les mêmes conditions que précédemment, on retire le tube et on l'observe après chauffage à des températures graduellement croissantes.

Le changement d'état se marque sans ambiguïté par les caractères que nous avons indiqués; de plus, la houille vient remplir complètement l'extrémité effilée du tube; il n'est donc pas exagéré de dire qu'il se produit une véritable fusion.

Les essais ont porté sur huit échantillons de houille à teneur croissante en matières volatiles; les résultats sont résumés dans le Tableau suivant :

| | | Analyse. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N°. | Désignation. | Humidité. | Cendres. | Matières volatiles. | Carbone fixe. | Point de fusion ([1]). |
| 1. | Anthracite de la Mure. | 1,40 | 9,02 | 6,54 | 84,44 | Ne fond pas |
| 2. | La Fouillouse Roche-Sagnat | 0,60 | 14,89 | 15,79 | 69,32 | Ne fond pas à température inférieure à 600° |
| 3. | Le Clapier | 1,20 | 12,04 | 21,15 | 66,81 | 450° |
| 4. | Montrambert | 0,60 | 16,07 | 24,49 | 59,44 | 400 |
| 5. | Montrambert | 0,56 | 7,84 | 28,64 | 63,52 | 395 |
| 6. | Américain | 1,98 | 14,36 | 33,07 | 52,36 | 550 |
| 7. | Bruay | 2,37 | 7,94 | 33,33 | 56,36 | 450 |
| 8. | Marles | 1,96 | 9,55 | 36,24 | 52,25 | 410 |

([1]) Le nombre de déterminations a varié, suivant les échantillons, de 2 à 20.

Ces résultats montrent nettement que le point de fusion déterminé suivant la technique précédente est une caractéristique du charbon au même titre que la température de cokéfaction telle que l'a déterminée l'un de nous ; ils confirment les résultats précédents relatifs à l'individualité des houilles. Ils montrent également que le point de fusion est indépendant de la teneur en matières volatiles et varie dans de larges limites, à l'inverse de l'opinion admise jusqu'ici.

Il faut noter également que la fusibilité des houilles est, comme leur aptitude à la cokéfaction, liée directement à leur état d'oxydation ; nous avons vérifié que les houilles citées plus haut, oxydées par étuvage à 120°, ne sont plus susceptibles de fondre.

ALGÈBRE. — *Les polynomes égaux à des déterminants.* Note de M. L.-E. Dickson.

Les seuls polynomes homogènes et généraux qui soient égaux à des déterminants, dont les éléments sont des fonctions linéaires, sont les suivants : toute forme (polynome homogène) en deux ou trois variables, toute forme quadratique à quatre variables, et la forme cubique générale à quatre variables.

Ce théorème est une conséquence du suivant : Soit D un déterminant dont les $r^2$ éléments sont les fonctions linéaires et homogènes de $x_1, \ldots, x_n$. Par les permutations des lignes ou des colonnes de D, la multiplication des éléments d'une même ligne ou colonne par un nombre, ou l'addition aux éléments d'une ligne (ou colonne) des produits des éléments d'une autre ligne (ou colonne) par un nombre, nous pouvons ramener D à une forme canonique dans laquelle le nombre des paramètres est au plus égal à $(n-2)r^2+2$, si $n>2$. Mais le nombre des termes de la forme générale de degré $r$ en $n$ variables est égal à

$$\frac{(r+n-1)!}{r!\,(n-1)!}.$$

Ce nombre est plus grand que $(n-2)r^2+2$ si $n>4$, et si $n=4$, $r>3$. Pour $n=4$, $r=2$, la surface quadratique peut s'écrire $xy-zw=0$, qui a la forme d'un déterminant. Il est bien connu que la même conclusion est vraie pour la surface cubique générale.

Toute forme ternaire $f$ est égale à un déterminant. Il suffit de traiter le

cas d'une forme indécomposable. Alors, on trouve une ligne droite qui a $r$ intersections distinctes avec la courbe $f=0$ de degré $r$. Nous choisissons une telle ligne pour $z=0$ dans un système des coordonnées homogènes, et pour $y=0$ nous choisissons une ligne qui ne passe pas par une des intersections de $z=0$ avec $f=0$. Ainsi, pour $z=0$, $f$ se réduit à un produit $X_1 X_2 \ldots X_r$ de $r$ fonctions linéaires $X_i = x + \lambda_i y$. Alors je démontre que $f$ est identique avec un seul déterminant

$$\begin{vmatrix} X_1 + c_{11} z & z & 0 & \ldots & 0 \\ c_{21} z & X_2 + c_{22} z & z & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots\ldots & . & \ldots & . \\ c_{r1} z & c_{r2} z & c_{r3} z & \ldots & X_r + c_{rr} z \end{vmatrix},$$

dont les éléments au-dessus de la diagonale sont tous zéro, exception faite des éléments $z$ adjacent à la diagonale.

J'ai étudié ces questions en ayant égard aussi à la rationalité. Une courbe cubique avec un point d'inflexion rationnel s'exprime rationnellement par un déterminant (c'est-à-dire que les éléments sont des fonctions linéaires avec coefficients rationnels), si elle a un autre point rationnel, et seulement dans ce cas-là. Une courbe cubique avec un point rationnel P, qui n'est pas un point d'inflexion, s'exprime comme un déterminant rationnellement seulement si elle a trois points rationnels d'intersection avec quelques-unes des lignes droites, autres que la ligne tangente $t$ à P, qui passe par la tangentiale de P (le nouveau point dans lequel $t$ rencontre la cubique).

Pour la surface cubique, le problème se ramène à une équation de degré, $171 = 9 \cdot 19$ dans le cas général. Un cas spécial donne le théorème suivant : Soit $q=0$ une surface quadratique avec coefficients rationnels. Si la surface a un point rationnel qui se trouve sur le plan $y=0$, $yq$ s'exprime rationnellement comme un déterminant. Si tout point rationnel de la surface est sur le plan $y=0$, $yq$ s'exprime rationnellement comme un déterminant seulement si le déterminant $\Delta$ de $q$ est zéro, ou si $\Delta$ est le carré d'un nombre rationnel $\neq 0$ et le déterminant de $q\,(x, 0, z, w)$ n'est pas zéro. Au contraire, si la surface a un point rationnel, mais n'a aucun point rationnel en commun avec le plan, $yq$ ne s'exprime pas rationnellement comme un déterminant. Dans le deuxième cas :

$$y(x^2 - r\rho y^2 + r\nu z^2 - \rho\nu w^2) \equiv \begin{vmatrix} x & \rho y & z \\ r y & x & w \\ -\nu w & \nu z & y \end{vmatrix}.$$

En général, il s'agit de choisir un tableau représentatif de chaque classe de tableaux (matrices) équivalent dont les éléments sont fonctions linéaires avec un déterminant donné.

## ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Tisserand** est désigné pour faire partie du Conseil d'administration de l'*Institut national agronomique*.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **E. Lindet** est désigné pour faire partie du Conseil d'administration de l'*École nationale d'Agriculture* de Grignon.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

V. Villavecchia, *Traité de Chimie analytique appliquée,* traduit et annoté par F. Nicolardot. (Présenté par M. E. Lindet.)

MM. **Auclair** et **A. Boyer-Guillon**, M. **R. Jarry-Desloges** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Jules Baillaud**, M. le **Directeur de l'Observatoire de Ksara**, M. le **Président de la Commission administrative du Laboratoire central d'Électricité**, M. le **Directeur de l'Observatoire de Zikawei**, MM. **F. Maignon**, **A. Railliet** adressent des remercîments pour les subventions accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

M. **Béhal** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Chimie, par le décès de M. *Armand Gautier*.

M. le **Sous-Secrétaire d'État de l'Aéronautique et des Transports aériens** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres à l'*Office national météorologique*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les systèmes cycliques de triples de Steiner.* Note de M. S. Bays.

1. Un ensemble de triples (combinaisons 3 à 3) de N éléments, contenant une fois et une seule fois chaque couple de ces éléments, est un *système de triples de Steiner*. Un système de triples de Steiner de $N = 6n + 1$ éléments est *cyclique* lorsque ses $n(6n+1)$ triples sont répartis en $n$ séries cycliques de la forme $a + x$, $b + x$, $c + x$ ($x = 1, 2, \ldots, N$).

Dans un premier travail (¹), j'avais obtenu, principalement par l'emploi du groupe métacyclique $\{|x, 1+x|, |x, \alpha x|\}$, $\alpha$ appartenant à l'exposant $\varphi(N)$ mod N, les systèmes cycliques de triples de Steiner *différents* (²) pour les premières valeurs de $N = 6n + 1$, jusqu'à $N = 31$. Dans un second travail, en introduisant un groupe cyclique que je note $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$, $\alpha$ appartenant à l'exposant $\varphi(N)$ mod N, et où j'entends par l'élément $\overline{a}$ *la valeur absolue du plus petit reste positif ou negatif de* $a$ (mod N), j'ai maintenant un procédé général permettant d'obtenir pour les valeurs de $N = 6n + 1$ immédiatement suivantes : 37, 43, 49, 61, ... les systèmes cycliques de triples de Steiner *différents*, et les diviseurs du groupe métacyclique qui leur appartiennent.

Appelons les éléments $0, 1, 2, \ldots, 6n$. Les éléments associés à l'élément 0 dans une série cyclique $x$, $a + x$, $b + x$ ($x = 0, 1, \ldots, 6n$), sont

$$a, \quad b-a, \quad b, \quad N-b, \quad N-(b-a), \quad N-a \qquad (a < b).$$

Trois de ces éléments sont inférieurs à $\frac{1}{2}$ N; ils forment la *caractéristique* de la série. Une combinaison de $n$ caractéristiques sans élément commun, autrement dit, un *système de caractéristiques* détermine $2^n$ systèmes cycliques de triples de Steiner, parmi lesquels $2^{n-1}$, au plus, sont éventuellement différents (voir ma première Note).

(¹) Ce travail paraîtra dans un autre recueil. Ses résultats sont contenus dans une Note des *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 542.

(²) Non déductibles l'un de l'autre par une substitution quelconque des N éléments.

Le groupe $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$ transforme l'*ensemble* des caractéristiques en lui-même. Lorsque N est premier, le système de caractéristiques

$$\overline{\alpha^0}\,\overline{\alpha^n}\,\overline{\alpha^{2n}},\quad \overline{\alpha^1}\,\overline{\alpha^{n+1}}\,\overline{\alpha^{2n+1}},\quad \ldots,\quad \overline{\alpha^{n-1}}\,\overline{\alpha^{2n-1}}\,\overline{\alpha^{3n-1}}$$

détermine $\left[\frac{2^{n-1}}{n}\right]$ (1) systèmes cycliques de Steiner *différents*, et possédant le diviseur métacyclique $\{|x, 1+x|, |x, \alpha^{2n}x|\}$. La recherche des systèmes de caractéristiques est réduite à celle des systèmes de caractéristiques *non déductibles l'un de l'autre par les substitutions du groupe* $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$, et de ces systèmes de caractéristiques *fondamentaux* j'obtiens, sans autre, les systèmes cycliques *différents* et les diviseurs métacycliques qu'ils possèdent.

2. Les résultats que j'ai jusqu'ici forment maintenant le Tableau suivant :

| $N = 6n+1$. | $n$. | S″. | S′. | S. |
|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 13 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | 3 | 2 | 4 | 4 |
| 31 | 5 | 8 | 64 | 80 |
| 37 | 6 | 32 | 455 | 820 |
| 43 | 7 | 157 | 3049 | 9380 |
| 25 (2) | 4 | 2 | 15 | 12 |

S = nombre des systèmes cycliques de triples de Steiner *différents*;
S′ = nombre des systèmes de caractéristiques;
S″ = nombre des systèmes de caractéristiques *fondamentaux*.

L'intérêt d'ailleurs est moins dans ce Tableau, qui ne donne que des sommes, que dans la manière dont se répartissent ces systèmes cycliques différents, pour chaque N, et les groupes qu'ils possèdent; répartition et groupes *qui dépendent entièrement de la constitution des systèmes* S″. Chaque système S″ détermine une famille de systèmes cycliques de triples différents à symétrie propre (3). Pour chercher maintenant une loi de formation de

---

(1) En entendant par ces crochets, contrairement à ce qui est d'habitude, le premier entier, qui *dépasse* ou *est égal* à $2^{n-1}$, le système cyclique de Nesso :

$$0,\quad g^\alpha,\quad g^{n+\alpha}\qquad (\alpha = 0, 1, \ldots, n-1;\ g \text{ racine primitive de } N)$$

(Nesso, *Combinatonik*, 1901, p. 220), est un de ces systèmes.

(2) Je mets à part le cas N = 25, parce que non premier.

(3) Ainsi, pour N = 43, 140 systèmes S″ ne possèdent que l'identité; ils donnent chacun $2^6$ systèmes cycliques différents, ne possédant que le groupe cyclique

ces systèmes S″, l'étude des ensembles de caractéristiques est à faire en premier lieu. C'est dans ce sens que j'ai déjà établi quelques théorèmes, en introduisant la *relation congruentielle* $\overline{a} = \overline{b}$ (mod N) pour $a \equiv \pm b$ (mod N). Je n'indiquerai que le premier :

*Pour* $N = 6n + 1$ *premier, pour lequel* $3n$ *est le plus petit exposant qui rend* $\overline{2^{3n}} = 1$ (mod N) *le groupe qui appartient à l'ensemble des caractéristiques est le groupe* $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$, *α racine primitive de* N.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Réponse à une Note de M. Fubini sur les fonctions automorphes.* Note de M. **Georges Giraud**.

Dans une Note du 19 juillet dernier, M. Fubini rappelle qu'il a étudié avant moi les groupes de collinéations réelles conservant les formes quadratiques du type $x_1^2 + x_2^2 - x_3^2 - \ldots - x_n^2$. Ces beaux travaux de M. Fubini auraient certainement abrégé mes recherches si j'en avais pris connaissance en temps utile, comme de beaucoup d'autres du même auteur cités dans mon Ouvrage. Voici pourtant une observation à leur sujet.

Dans son Mémoire : *Nuove ricerche intorno ad alcune classi di gruppi discontinui* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. 21), M. Fubini énonce le théorème suivant :

« Un groupe G de collinéations réelles, privé de transformations infinitésimales, qui transforme en elle-même une forme quadratique du type

$$V = x_1^2 + x_2^2 - (x_3^2 + \ldots + x_n^2)$$

(ou, ce qui revient au même, une forme réductible au type précédent) au moyen d'une collinéation réelle, opère d'une manière proprement discontinue sur les points imaginaires de la quadrique $V = 0$. »

Dans son Ouvrage : *Introduzione alla teoria dei gruppi discontinui e delle funzioni automorfe* (p. 131), se retrouve la même proposition restreinte

---

$\{|x, 1 + x|\} = \{s\}$. 15 systèmes S″ ont le diviseur $\{|\overline{x}, \overline{3^7 x}|\}$; 5 d'entre eux donnent chacun 32 systèmes cycliques différents (16 n'ayant que le groupe cyclique $\{s\}$, et 16 ayant le diviseur métacyclique $\{s, |x, 3^{14}x|\}$) et les 10 autres 24 systèmes chacun (20 n'ayant que le groupe cyclique $\{s\}$ et 4 le diviseur métacyclique précédent). 1 système S″ a le diviseur $\{|\overline{x}, \overline{3^3 x}|\}$ et 1 système le groupe entier $\{|\overline{x}, \overline{3x}|\}$; ils donnent chacun 10 systèmes cycliques différents (9 n'ayant que le groupe cyclique $\{s\}$ et le dixième respectivement les diviseurs métacycliques $\{s, |x, 3^6 x|\}$ et $\{s, |x, 3^2 x|\}$).

aux points imaginaires qui ne se trouvent pas sur une droite réelle de la quadrique.

Dans mes *Leçons sur les fonctions automorphes* (p. 81), je démontre seulement que le groupe est discontinu pour les points des domaines que j'ai appelés (I) et (I').

*Cette restriction est nécessaire*, comme le prouve l'exemple de la transformation

$$X_1 = rx_1, \quad X_2 = x_2, \quad X_3 = x_3, \quad X_4 = x_4, \quad X_5 = \frac{x_5}{r},$$

qui conserve la quadrique

$$x_1 x_5 + x_2 x_4 + x_3^2 = 0$$

du type voulu. Le groupe de ses puissances n'a pas de transformations infinitésimales. Or il conserve les points de la multiplicité

$$x_1 = x_5 = 0,$$

qui rencontre la quadrique en des points imaginaires non situés sur des droites réelles de la quadrique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hypertoroïdales et leur lien avec les fonctions hypersphériques*. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Nous avons vu dans notre dernière Note (¹) qu'un changement de variables, dans l'espace à quatre dimensions, introduisant, comme hypersurfaces coordonnées, des hypersurfaces engendrées par la rotation d'un tore autour d'un axe situé dans son espace, conduisait à un produit de Laplace où figuraient les polynomes $\mathcal{U}_{m,n}$ d'Hermite. Un changement de variables analogue va nous amener aujourd'hui à une extension des polynomes $V_{m,n}$ du même auteur.

Soit le changement de variable

$$x = \frac{\operatorname{sh}\sigma\cos\psi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \quad y = -\frac{\sin\theta\cos\varphi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \quad z = -\frac{\sin\theta\sin\varphi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \quad t = \frac{\operatorname{sh}\sigma\sin\psi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta},$$

où l'hypersurface $\sigma = \text{const.}$ est un *hypertore*, c'est-à-dire l'hypersurface engendrée par la rotation autour de l'axe des $t$ d'une sphère ayant une

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1116.

équation de la forme

$$(x-\alpha)^2+y^2+z^2=\beta^2.$$

L'équation de Laplace dans ce système s'écrit alors

$$\frac{\partial}{\partial\sigma}\left[\frac{\operatorname{sh}\sigma\sin\theta}{(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial U}{\partial\sigma}\right]+\frac{\partial}{\partial\theta}\left[\frac{\operatorname{sh}\sigma\sin\theta}{(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial U}{\partial\theta}\right]$$
$$+\frac{\operatorname{sh}\sigma}{\sin\theta(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial^2 U}{\partial\varphi^2}+\frac{\sin\theta}{\operatorname{sh}\sigma(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial^2 U}{\partial\psi^2}=0.$$

Nous en chercherons des solutions de la forme

$$U=(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)\operatorname{sh}^{\mu}\sigma\sin^{\nu}\theta\cos\mu\psi\cos\nu\varphi\,F(\sigma,\theta),$$

$\mu$ et $\nu$ étant des entiers arbitraires, et la fonction F, que nous appellerons *fonction hypertoroïdale*, vérifiant l'équation

$$(1)\quad \frac{\partial^2 F}{\partial\theta^2}+\frac{\partial^2 F}{\partial\sigma^2}+(2\nu+1)\cot\theta\frac{\partial F}{\partial\theta}+(2\mu+1)\coth\sigma\frac{\partial F}{\partial\sigma}+[\mu(\mu+1)-\nu(\nu+1)]F=0$$

qui, si l'on pose $\cos\theta=u$, $\operatorname{ch}\sigma=v$, s'écrit

$$(2)\quad (1-u^2)\frac{\partial^2 F}{\partial u^2}-(1-v^2)\frac{\partial^2 F}{\partial v^2}$$
$$-(2\nu+2)u\frac{\partial F}{\partial u}+(2\mu+2)v\frac{\partial F}{\partial v}+[\mu(\mu+1)-\nu(\nu+1)]F=0.$$

On pourrait disjoindre les variables et mettre F sous forme d'un produit d'une fonction de $u$ par une fonction de $v$ : mais nous rejetterons de telles solutions. Constatons alors que l'équation (2) se rattache à un type bien connu : le polynome $V_{m,n}(x,y)$ d'Hermite, défini par le développement

$$(1-2ax-2by+a^2+b^2)^{-1}=\sum_m\sum_n a^m b^n V_{m,n}(x,y)$$

satisfait en effet au système (¹)

$$(1-x^2)r-xys-(n+3)xp+mqy+m(m+n+2)z=0,$$
$$(1-y^2)t-xys-(m+3)yq+npx+n(m+n+2)z=0,$$

et, par conséquent, à l'équation unique obtenue par soustraction,

$$(1-x^2)r-(2n+3)px-(1-y^2)t+(2m+3)qy+(m-n)(m+n+2)z=0.$$

Si nous faisons alors $m=\mu-\frac{1}{2}$, $n=\nu-\frac{1}{2}$, nous trouvons précisément

(¹) F. Didon, *Étude de certaines fonctions*, etc. (Thèse, Paris, 1868, p. 15).

l'équation (2). On est ainsi amené à considérer, comme fonctions hypertoroïdales, des extensions des polynomes $V_{m,n}$ d'Hermite, où les indices, au lieu d'être entiers, seront égaux chacun à la moitié d'un nombre impair : résultat d'un intérêt évident, si l'on se souvient que la recherche, dans l'espace à trois dimensions, des fonctions toroïdales, a justement amené à l'introduction de fonctions nouvelles, extensions à indices fractionnaires du polynome $P_n$ de Legendre. Les fonctions hypertoroïdales que nous avons obtenues sont donc aux fonctions hypersphériques exactement ce que les fonctions toroïdales sont aux fonctions sphériques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros des intégrales d'une classe d'équations différentielles.* Note de M. **Théodore Varopoulos**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit une fonction $u = f(z)$ multiforme définie par une équation de la forme

$$A_0(z) + A_1(z)u + A_2(z)u^2 + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^\mu + z\,\varphi(z, u) = 0,$$

les $A_i(z)$ désignant *des fonctions entières* d'ordre de grandeur $e^{M(r)}$ et $\varphi(z, u)$ une fonction entière par rapport à $z$, pour chaque valeur de $u$, d'ordre inférieur à $e^{M(r)1-\varepsilon}$ ($\varepsilon$ étant un nombre positif). Nous avons établi le théorème suivant [1] :

*L'ensemble des valeurs* (E), ($E_1$), ($E_2$) *exceptionnelles de u (au sens plusieurs fois expliqué) ne surpasse jamais* $\mu + 1$.

Le théorème, ci-dessus énoncé, subsiste encore pour toutes les fonctions $u = f(z)$ définies par une équation de la forme

$$A_0(z) + A_1(z)u + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^\mu + z.g(u) = 0,$$

$g(u)$ désignant une fonction quelconque de $u$.

2. Envisageons maintenant une équation différentielle de la forme

$$(1)\quad A_0(z) + A_1(z)u + A_2(z)u^2 + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^\mu + z.\Phi[u, u', u'', \ldots, u^{(n)}] = 0$$

et désignons par $e^{M(r)}$ le plus grand des ordres de grandeur des *fonctions entières* $A_i(z)$. Supposons que $\Phi[u, u', u'', \ldots, u^{(n)}]$ soit un polynome par rapport à $u, u', \ldots, u^{(n)}$. Considérons une intégrale $u = q(z)$ de l'équation différentielle (1), éliminons la variable $z$ entre les équations $u = q(z)$, $u' = q'(z)$ et soit $u' = h_1(u)$ le résultat de cette élimination. En général

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1198.

soit $u^{(n)} = h_n(u)$ la fonction obtenue par l'élimination de $z$ entre les deux équations $u = q(z)$, $u^{(n)} = q^{(n)}(z)$.

Alors l'élimination des $u'$, $u''$, ..., $u^{(n)}$ entre les équations

$$u' = h_1(u), \quad u'' = h_2(u), \quad \ldots, \quad u^{(n)} = h_n(u)$$

et l'équation (1) nous conduit à une équation de la forme

$$(2) \qquad A_0(z) + A_1(z)u + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^{\mu} + z.\mathcal{F}(u) = 0$$

qui sera satisfaite par l'intégrale $u = q(z)$.

Nous dirons que l'équation (2) est *irréductible* lorsque cette équation ne définit qu'une fonction *unique*.

Pour une valeur $u = a$ telle que $\mathcal{F}(a)$ soit infinie, l'équation (2) n'admet aucune racine finie et différente de zéro, et puisque nous supposons que l'équation (2) est irréductible, il en sera donc de même de l'équation $a = q(z)$.

Alors l'intégrale $u = q(z)$ ne prend la valeur $a$ pour aucune valeur finie de $z$ sauf, peut-être, par la valeur $z = 0$.

Une telle valeur $u = a$, nous l'appellerons, avec M. Rémoundos (1), *valeur exceptionnelle parfaite*.

Nous avons ainsi un théorème tout à fait identique à celui que nous avons déjà démontré (*loc. cit.*).

Théorème. — *Pour toute intégrale $u = q(z)$ d'une équation différentielle d'ordre quelconque et de forme suivante :*

$$A_0(z) + A_1(z)u + A_2(z)u^2 + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^{\mu} + z\,\Phi[u, u', u'', \ldots, u^{(n)}] = 0$$

*les fonctions $A_i(z)$, dont une, au moins, est transcendante, étant entières et $\Phi$ désignant un polynome quelconque par rapport à $u$, $u'$, $u''$, ..., $u^{(n)}$, le nombre des valeurs exceptionnelles non parfaites, lesquelles appartiennent aux ensembles* (E), (E′), (E₂), *est égal au plus à $\mu$, l'infini non compris.*

La démonstration se fait par la méthode d'élimination et s'appuie sur la proposition fondamentale de M. Borel [voir : *Mémoire sur les zéros des fonctions entières* (*Acta mathematica*, t. 20, 1897)].

(1) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 416.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution de l'équation algébrique générale par des fonctions hypergéométriques de plusieurs variables.* Note de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. E. Goursat.

Considérons une série procédant suivant les puissances entières et positives de $z_1, z_2, \ldots, z_p$ :

$$S = \Sigma\, K_{n_1, n_2, \ldots, n_p} z_1^{n_1} z_2^{n_2} \ldots z_p^{n_p}.$$

Nous dirons qu'elle est l'élément d'une *fonction hypergéométrique de p variables $z_1, z_2, \ldots, z_p$ quand tous les rapports*

$$\frac{K_{n_1+1, n_2, \ldots, n_p}}{K_{n_1, n_2, \ldots, n_p}}, \quad \frac{K_{n_1, n_2+1, \ldots, n_p}}{K_{n_1, n_2, \ldots, n_p}}, \quad \ldots, \quad \frac{K_{n_1, n_2, \ldots, n_p+1}}{K_{n_1, n_2, \ldots, n_p}}$$

*sont des fonctions rationnelles de $n_1, n_2, \ldots, n_p$.* C'est une classe de fonctions très étendues et très importantes; elles sont étudiées par un grand nombre de géomètres.

Nous considérons une équation algébrique générale, du degré $n$, mise sous la forme

$$(1) \qquad v = v^n - (l_1 + l_2 v^2 + l_3 v^3 + \ldots + l_{n-1} v^{n-1}),$$

$l_1, l_2, \ldots, l_{n-1}$ étant les coefficients. Désignons les $n$ racines par $v_1, v_2, \ldots, v_n$. *Nous pouvons exprimer ces n racines par une somme de fonctions hypergéométriques de $n - 1$ variables.* En effet, nous allons démontrer qu'on peut donner les expressions suivantes pour les $n - 1$ racines $v_1, v_2, \ldots, v_{n-1}$ :

$$(2) \qquad v_i = \nu^i + \Sigma_k \nu^{is} l_1^{k_1} l_2^{k_2} \ldots l_{n-1}^{k_{n-1}} \Psi_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}}(\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_{n-1}),$$

où $\nu$ est une racine primitive de l'équation $v^{n-1} = 1$ et la somme $\Sigma_k$ étendue aux valeurs

$$k_1 = 0, 1, 2, \ldots, n-2, \quad k_2 = 0, 1, 2, \ldots, n-2, \quad \ldots, \quad k_{n-1} = 0, 1, 2, \ldots, n-2;$$

en outre, nous avons

$$\zeta_\lambda = (l_\lambda)^{n-1}, \qquad s = k_2 + 2k_3 + \ldots + (n-2)k_{n-1} - k_1 + 1$$

et les $(n-1)^{n-1}$ fonctions $\Psi_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}}$ sont définies par les séries

$$\Sigma_k \frac{(-1)^{r+1}}{n-1} \frac{(\rho+1)(\rho+2)\ldots(\rho+r-1)}{\alpha_1!\,\alpha_2!\ldots\alpha_{n-1}!} \zeta_1^{k_1} \zeta_2^{k_2} \ldots \zeta_{n-1}^{k_{n-1}} = \Sigma_k A_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}} \zeta_1^{k_1} \zeta_2^{k_2} \ldots \zeta_{n-1}^{k_{n-1}},$$

la somme étant étendue à toutes les valeurs entières et positives et les valeurs

nulles de $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$. En outre, nous avons

$$(3) \quad \begin{cases} r = \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_{n-1}, \quad \rho = \dfrac{r - 1 - [2\alpha_2 + 3\alpha_3 + \ldots + (n-1)\alpha_{n-1}]}{n-1} = -\dfrac{p}{n-1}, \\ \alpha_\lambda \equiv k_\lambda \bmod (n-1), \qquad \alpha_\lambda = k_\lambda + k_\lambda(n-1). \end{cases}$$

Ces $(n-1)^{n-1}$ fonctions sont des fonctions hypergéométriques de $n-1$ variables $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_{n-1}$.

En effet, quand $k_1$ se change en $k_1 + 1$, les nombres $\alpha_1$ et $r$ se changent en $\alpha_1 + n - 1$ et $r + n - 1$. Par conséquent, les nombres $\rho$ et $p$ se changent en $\rho + 1$ et $p + n - 1$ respectivement. Nous obtenons donc, d'après un calcul facile,

$$\frac{A_{k_1+1, k_2, \ldots, k_{n-1}}}{A_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}}} = (-1)^{n-1} \frac{(\rho + r)(\rho + r + 1)\ldots(\rho + r + n - 1)}{(\rho + 1)(\alpha_1 + 1)\ldots(\alpha_1 + n - 1)},$$

$\rho$ et $r$ sont des fonctions linéaires de $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$. Le rapport entre les deux coefficients est donc une fonction rationnelle de $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$. Le numérateur et le dénominateur sont des polynomes en $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$ *de degré fixe $n$.*

Soit $\lambda$ un des nombres $2, 3, \ldots, n-1$. Quand $k_\lambda$ se change en $k_\lambda + 1$, les nombres $\alpha_\lambda$ et $r$ se change en $\alpha_\lambda + n - 1$ et $r + n - 1$. Par conséquent, les nombres $\rho$ et $p$ se changent en $\rho - \lambda + 1$ et $p - (\lambda - 1)(n - 1)$ respectivement. Nous obtenons donc

$$\frac{A_{k_1, k_2, \ldots, k_\lambda + 1, \ldots, k_{n-1}}}{A_{k_1, k_2, \ldots, k_\lambda, \ldots, k_{n-1}}} = (-1)^{n-1} \frac{(\rho - \lambda + 2)(\rho - \lambda + 3)\ldots\rho(\rho + r)(\rho + r + 1)\ldots(\rho + r + n - \lambda - 1)}{(\alpha_\lambda + 1)(\alpha_\lambda + 2)\ldots(\alpha_\lambda + n - 1)}.$$

Le numérateur et le dénominateur sont donc des polynomes en $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$ *de degré fixe $n - 1$. Les fonctions $\psi_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}}$ sont donc des fonctions hypergéométriques des $n - 1$ variables $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_{n-1}$.*

Le nombre de variables sera diminué quand quelques-uns des coefficients $l_1, l_2, \ldots, l_{n-1}$ sont nuls. Ainsi, dans le cas où $l_2 = l_3 = \ldots = l_{n-1} = 0$, nous avons des fonctions hypergéométriques d'une variable et nous retombons sur la solution de l'équation trinome $v^n = v + l_1$ que j'ai donnée dans une Note précédente [1].

Maintenant, nous allons démontrer le théorème précédent. Écrivons $l_1 = l$, $l_\lambda = lh_\lambda$ $(h = 2, 3, \ldots, n-1)$. L'équation (1) devient

$$(4) \qquad v = v^n - l(1 + h_2 v^2 + h_3 v^3 + \ldots + h_{n-1} v^{n-1}).$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 778.

Considérons l'équation de Lagrange

$$\theta = y + \alpha f(\theta). \tag{5}$$

Soit $F(\theta)$ une fonction d'une racine de cette équation qui pour $\alpha = 0$ devient $\theta = y$. Nous avons alors, d'après la formule de Lagrange,

$$F(\theta) = F(y) + \frac{\alpha}{1!}[f(y) F'(y)] + \frac{\alpha^2}{2!}\frac{d}{dy}[f(y)^2 F'(y)] + \dots + \frac{\alpha^r}{r!}\frac{d^{r-1}}{dy^{r-1}}[f(y)^r F'(y)] + \dots \tag{6}$$

Si nous posons $y = 1$, $\alpha = -l$ et

$$\begin{cases} v = F(\theta) = \theta^{-\frac{1}{n-1}}, \\ f(\theta) = \theta^{\frac{n}{n-1}}\left[1 + h_2\theta^{-\frac{2}{n-1}} + h_3\theta^{-\frac{3}{n-1}} + \dots + h_{n-1}\theta^{-\frac{n-1}{n-1}}\right], \end{cases} \tag{7}$$

l'équation (5) devient l'équation algébrique (4). Cela permet de trouver les formules (2).

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Calcul des ponts circulaires, à travées continues, comportant deux contreventements et des entretoisements transversaux sur leurs appuis seulement.* Note de M. **Bertrand de Fontviolant.**

Dans trois Notes précédentes [1] nous avons traité du calcul des ponts circulaires. La première concerne les ponts à une seule travée, du type à un seul contreventement et à entretoisements transversaux sur toute leur longueur; la seconde, les ponts du même type, à travées continues; la troisième, les ponts à une seule travée, du type à deux contreventements et à entretoisements transversaux sur leurs appuis seulement. La présente Note concerne les ponts à travées continues de ce second type.

Conservant les notations et les définitions données dans les trois Notes précitées, nous établissons les formules générales

$$M = \mu + M_{i-1}\frac{\sin(\gamma_i - \omega)}{\sin\gamma_i} + M_i\frac{\sin\omega}{\sin\gamma_i}, \tag{A}$$

$$S = \sigma + S_{i-1}\frac{\gamma_i - \omega}{\gamma_i} + S_i\frac{\omega}{\gamma_i}, \tag{B}$$

$$\frac{dM}{d\omega} = -M_{i-1}\frac{\cos(\gamma_i - \omega)}{\sin\gamma_i} + M_i\frac{\cos\omega}{\sin\gamma_i}, \tag{C}$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 376 et 796, et t. 171, p. 1122.

qui sont d'ailleurs les mêmes que dans les ponts du premier type, bien que la définition du *moment composé* S diffère d'un type à l'autre.

Soient :

$\Omega'_a$ et $\Omega''_a$ les sections des âmes des deux poutres, si ces âmes sont pleines, ou bien, si elles sont en treillis, les sections d'âmes pleines présentant la même déformabilité que ces âmes en treillis sous l'influence de l'effort tranchant;

$\Omega_c$ et $\Omega'_c$ les quantités de même nature relatives au contreventement supérieur et au contreventement inférieur.

En exprimant, au moyen de l'équation générale de l'élasticité que, dans sa déformation élastique, une travée quelconque $A'_{i-1}A''_{i-1}A''_iA'_i$ est astreinte à rester en contact avec ses quatre appuis, nous obtenons la relation

$$\frac{r''}{\Omega'_a}\int_0^{\gamma_i}\mathrm{T}'\,d\omega+\frac{r'}{\Omega''_a}\int_0^{\gamma_i}\mathrm{T}''\,d\omega+\frac{ar}{b}\left(\frac{1}{\Omega_c}+\frac{1}{\Omega'_c}\right)\int_0^{\gamma_i}\mathrm{H}\,d\omega=0.$$

De cette relation et des deux relations générales (6) de notre troisième Note, et en posant successivement

$$(\mathrm{D})\qquad\left\{\begin{array}{llll}\Gamma=\dfrac{a^2}{b^2}\left(\dfrac{1}{\Omega_c}+\dfrac{1}{\Omega'_c}\right), & \Delta=\dfrac{1}{r}\left(\dfrac{r''^2}{r'\Omega'_a}+\dfrac{r'^2}{r''\Omega''_a}\right)+\Gamma, & & \\ \mathrm{A}'=\dfrac{1}{r''\Omega''_a\Delta}, & \mathrm{B}'=\dfrac{\Gamma}{r'\Delta}, & \mathrm{A}''=\dfrac{1}{r'\Omega'_a\Delta}, & \mathrm{B}''=\dfrac{\Gamma}{r''\Delta},\end{array}\right.$$

nous tirons les deux nouvelles formules générales

$$(\mathrm{E})\qquad\left\{\begin{array}{l}\mathrm{T}'=\theta'+\dfrac{\mathrm{A}'(\mathrm{S}_i-\mathrm{S}_{i-1})+\mathrm{B}'(\mathrm{M}'_i-\mathrm{M}'_{i-1})}{\gamma_i},\\ \mathrm{T}''=\theta''+\dfrac{\mathrm{A}''(\mathrm{S}_i-\mathrm{S}_{i-1})+\mathrm{B}''(\mathrm{M}''_i-\mathrm{M}''_{i-1})}{\gamma_i}.\end{array}\right.$$

D'autre part, en exprimant, encore au moyen de l'équation générale de l'élasticité, que les deux poutres sont continues sur deux appuis quelconques $A'_i$ et $A''_i$, nous obtenons les deux relations suivantes, dans lesquelles $k=(r'-r''):2r$ :

$$\frac{1}{\sin\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}(\mathrm{S}-\mathrm{M})\sin\omega\,d\omega+\frac{1}{\sin\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}(\mathrm{S}-\mathrm{M})\sin(\gamma_{i+1}-\omega)\,d\omega=0,$$

$$\frac{1}{\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}[\mathrm{S}-\mathrm{M}(1-k^2)]\,\omega\,d\omega+\frac{1}{\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}[\mathrm{S}-\mathrm{M}(1-k^2)](\gamma_{i+1}-\omega)\,d\omega=0.$$

Le remplacement de M et de S, dans ces deux relations, par leurs

expressions générales (A) et (B), donne les deux équations

(F) $c_i S_{i-1} + (d_i + d_{i+1}) S_i + c_{i+1} S_{i+1} - \frac{1}{2}[a_i M_{i-1} + (b_i + b_{i+1}) M_i + a_{i+1} M_{i+1}] = G_{i,i+1}$,

(G) $\frac{\gamma_i}{6} S_{i-1} + \frac{\gamma_i + \gamma_{i+1}}{3} S_i + \frac{\gamma_{i+1}}{6} S_{i+1} - (1-k^2)[c_i M_{i-1} + (d_i + d_{i+1}) M_i + c_{i+1} M_{i+1}] = H_{i,i+1}$,

où $a_i$, $b_i$, $c_i$, $d_i$ ont les mêmes valeurs que dans les ponts du type à un seul contreventement et à entretoisements transversaux dans toute leur longueur [voir notre deuxième Note précitée (¹)] et où $G_{i,i+1}$ et $H_{i,i+1}$ ont pour expressions

$$G_{i,i+1} = -\frac{1}{\sin\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}(\sigma - \mu)\sin\omega\, d\omega - \frac{1}{\sin\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}(\sigma - \mu)\sin(\gamma_{i+1} - \omega)\, d\omega,$$

$$H_{i,i+1} = -\frac{1}{\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}[\sigma - \mu(1 - k^2)]\omega\, d\omega - \frac{1}{\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}[\sigma - \mu(1 - k^2)](\gamma_{i+1} - \omega)\, d\omega.$$

Dès lors, la marche à suivre dans les applications est la suivante :

1° Faire successivement $i = 1, 2, \ldots, n-1$, dans les équations (F) et (G), en tenant compte de ce que $M_0$, $S_0$, $M_n$ et $S_n$ sont nuls, ce qui fournira un système de $2(n-1)$ équations qui feront connaître les $n-1$ moments de flexion du pont sur appuis et les $n-1$ moments composés sur appuis;

2° Calculer, pour autant de sections du pont qu'on le désirera, M, S et $\frac{dM}{d\omega}$, par les formules (A), (B) et (C);

3° Par les formules générales (3) de notre troisième Note, calculer les moments de flexion M′ et M″ dans les sections des deux poutres et notamment dans les sections sur appuis; puis les efforts tranchants T′ et T″ par les formules (E);

4° Déterminer les efforts tranchants H et H′ dans les deux contreventements, par la formule générale (10) de notre troisième Note;

5° Calculer les actions tangentielles $t'$, $t'_1$, $t''$, $t''_1$ et normales $u'$, $u'_1$, $u''$, $u''_1$ exercées par les deux contreventements sur les deux poutres, par les formules générales (4) de notre troisième Note.

---

(¹) Dans cette deuxième Note, au lieu de $b_i = \frac{\gamma_i}{\sin^2\gamma_i} - \frac{1}{\sin\gamma_i \tan\!g\gamma_i}$, il faut $b_i = \frac{\gamma_i}{\sin^2\gamma_i} - \frac{1}{\tan\!g\gamma_i}$.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète Skjellerup faite à l'Observatoire de Bordeaux (équatorial de* $0^m,38$). Note de M. **H. Godard**, présentée par M. B. Baillaud.

| Date 1920. | ✱ — ★. ΔR. | ΔP. | Nombre de compar. | Grandeur. |
|---|---|---|---|---|
| Déc. 17............. | $+4^m\ 7^s,78$ | $-0'44'',3$ | 16:4 | 11,0 |

*Position apparente de la comète.*

| Date 1920. | Temps moyen de Greenwich. | Ascension droite apparente. | Log. fact. parallaxe. | Distance polaire apparente. | Log. fact. parallaxe. |
|---|---|---|---|---|---|
| Déc. 17..... | $11^h41^m31^s,2$ | $9^h15^m22^s,34$ | $\bar{1},499_n$ | $93°37'42'',6$ | $0,813_n$ |

*Position de l'étoile de comparaison.*

| Gr. | Ascension droite moyenne. | Réduction au jour. | Distance polaire moyenne. | Réduction au jour. | Autorité. |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 5 | $9^h11^m10^s,21$ | $+4^s,35$ | $93°38'6'',1$ | $+20'',8$ | A.G. Strasbourg 3587 |

*Remarque.* — La comète est une nébulosité d'environ 1′ de diamètre, sans noyau apparent; grandeur 11,0. Ciel médiocre.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète Skjellerup faite à l'Observatoire de Marseille (équatorial Eichens, d'ouverture* $0^m,26$). Note de M. **Michkovitch**, présentée par M. B. Baillaud.

| Date. 1920. | Temps moyen de Marseille. | ΔR. | ΔD. | Nombre de comp. | R apparente. | Log. fact. parall. | D apparente. | Log. fact. parall. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Déc. 20.... | $17^h29^m15^s$ | $+0^m43^s,43$ | $-5'39'',3$ | 18:7 | $9^h30^m51^s,15$ | 9,314 | $+0°58'30'',2$ | 0,771 |

*Position de l'étoile de comparaison.*

| ★. | Gr. | R moyenne 1920,0. | Réduction au jour. | D moyenne 1920,0. | Réduction au jour. | Autorité. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 9,3 | $9^h30^m3^s,33$ | $+4^s,39$ | $+1°4'34'',7$ | $-25'',0$ | Mü 4278 |

*Remarque.* — La nébulosité de la comète est circulaire, d'étendue $5^s$-$6^s$. Pas de noyau nettement perceptible, toutefois une condensation centrale est bien prononcée. La comète est estimée de la grandeur 9,7-9,8. L'observation a été fortement gênée par une étoile de grandeur 8,4 se trouvant au voisinage immédiat de la comète.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Spectre de Nova Aquilæ III, en juillet* 1920. Note (¹) de MM. **Algot Hansson** et **Hans Jelstrup**, présentée par M. Deslandres.

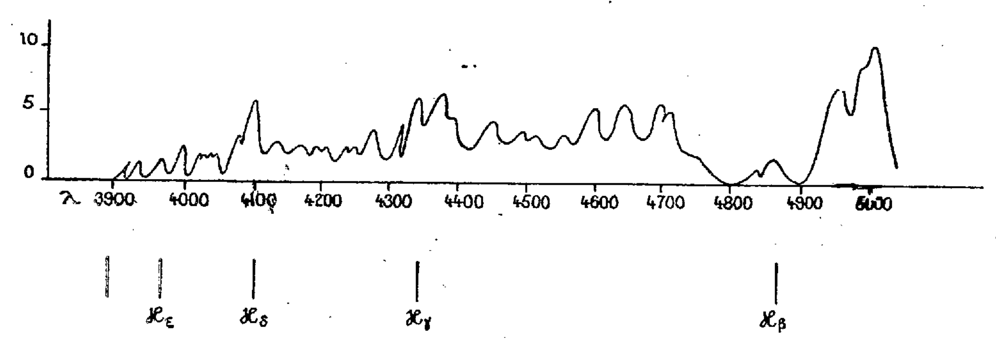
Avec une chambre prismatique très lumineuse de l'Observatoire de Meudon, nous avons obtenu en juillet 1920 deux spectrogrammes de l'étoile nouvelle de l'Aigle n° III, qui a eu son maximum d'éclat en 1918 et qui est maintenant à peu près de neuvième grandeur.

La chambre, fixée à l'équatorial dit du *huit-pouces*, est munie d'un prisme objectif et d'un miroir de $0^m,25$ d'ouverture et de $0^m,75$ de distance focale.

Le prisme fut réglé pour les rayons violets. Les plaques employées étaient les rapides de Wratten, sensibles pour bleu violet. Les spectrogrammes obtenus ont $1^{cm}$ de longueur, avec une distance entre $H_\beta$ et $H_\gamma$ de $3^{mm},7$.

Le spectre de comparaison est le spectre d'Altaïr, que nous avons obtenu très net et très fort, en laissant courir l'étoile quatre fois le long du fil de notre lunette, le mouvement d'horlogerie étant arrêté. Pour être sûr qu'aucun déplacement du prisme ou de la plaque ne pouvait rendre l'épreuve incertaine, nous avons laissé courir l'étoile deux fois avant et deux fois après la pose de Nova.

Le premier spectrogramme a été obtenu le 20 juillet après deux heures de pose, le deuxième fut pris la nuit suivante en posant un peu plus que une heure.




Courbe des intensités dans le spectre de Nova Aquilæ III, en juillet 1920.

Nos deux épreuves montrent un spectre continu assez faible avec un grand nombre de lignes d'émission, étroites ou larges, dont la plupart se confondent et sont difficiles à distinguer du spectre continu.

(¹) Séance du 6 décembre 1920.

Il est à remarquer que l'on a sur l'épreuve du 20 juillet, avec la pose la plus longue, les indications de toutes les lignes trouvées sur l'épreuve du 21 juillet, mais que l'identification en est seulement plus difficile.

Dans le Tableau ci-joint des longueurs d'onde, les lignes d'absorption sont mises en chiffres gras. Là où l'on a trois longueurs d'onde dans une accolade, la première et la dernière représentent les deux bords, et celle du centre le maximum approximatif d'intensité de la ligne. Les nombres entre parenthèses donnent l'intensité de 0 à 10.

*Bandes d'émission dans le spectre de Nova Aquilæ III*
(20-21 juillet 1920).

| $\frac{20}{7}$ (2 heures). | | $\frac{21}{7}$ (1 heure). | Notes. |
|---|---|---|---|
| 3931 | (2) | 3933 | **3932** (1) Ti; **3934** Ca (= K) |
| | | 3963 | |
| 3970 | (2) | 3970 | **3970** (10) $H_\varepsilon$; **3969** Ca (= H) |
| | | 3975 | |
| 3991 | (3) | 3994 | **3995** (4) N (γ Orionis) |
| 4017 | (2) | | **4009** (6) He ? (γ Orionis) |
| | (2) | 4033 | **4026** (8) He (γ Orionis) |
| | (2) | 4043 | |
| 4048 | (2) | 4049 | **4046** Fe (le Soleil) |
| | (2) | 4058 | |
| 4083 | (3) | | |
| 4096 | | 4090 | |
| 4104 | (6) | 4101 | **4102** (10) $H_\delta$ |
| 4110 | | 4116 | |
| 4127 | (4) | | |
| 4149 | | | **4144** (7) He (γ Orionis) |
| 4157 | (3) | | **4169** (3) He (γ Orionis) |
| 4177 | | | **4167** Ligne des nébuleuses |
| 4817 | (3) | | **4185** (0) Fe (α Cygni) |
| 4199 | (3) | | **4199** (1) Fe (α Cygni) |
| 4208 | (3) | 4203 | **4205** (1) (γ Orionis) |
| 4235 | (3) | 4236 | |
| | | 4246 | |
| 4261 | (4) | 4261 | 4265 Ligne des nébuleuses |
| 4284 | | 4285 | |
| | (4) | 4306 | |
| 4328 | | 4334 | |
| 4341 | (7) | 4343 | **4341** (10) $H_\gamma$ |
| 4358 | | 4358 | |

| $\frac{20}{7}$ (2 heures). | | $\frac{21}{7}$ (1 heure). | Notes. |
|---|---|---|---|
| 4374 | | 4368 | 4363 Ligne des nébuleuses |
| | (7) | 4385 | 4388 (6) $H_e$ ($\gamma$ Orionis) |
| 4398 | | 4398 | |
| | | 4442 | |
| | (5) | 4453 | |
| | | 4462 | 4472 (8) $H_e$ ($\gamma$ Orionis) |
| | (4) | 4489 | |
| | (4) | 4511 | |
| | (4) | 4552 | 4553 $S_i$ ($\gamma$ Orionis) |
| | | 4591 | |
| 4605 | (6) | 4601 | |
| | | 4613 | |
| 4622 | | 4623 | |
| 4645 | (6) | 4647 | 4640 Ligne des nébuleuses |
| 4659 | | 4670 | |
| 4682 | | 4684 | 4686 Ligne des nébuleuses |
| 4695 | (6) | 4695 | |
| 4706 | | 4706 | |
| 4832 | (1) | | |
| 4851 | | 4839 | |
| 4864 | (2) | 4863 | 4862 (10) $H_\beta$ |
| 4869 | | 4881 | |
| 4926 | | 4945 | 4922 (5) $H_e$ ($\gamma$ Orionis) |
| 4946 | (7) | 4960 | 4959 Ligne des nébuleuses |
| 4959 | | 4971 | |
| 4979 | | 4989 | 5007 Ligne des nébuleuses |
| 5005 | (10) | 5012 | |
| 5025 | | 5029 | |

Le spectre continu se trouve seulement entre $\lambda$4800 et $\lambda$4000.

Il y a une faible indication d'une ligne d'absorption sur le cliché de 20 juillet près de $\lambda$4224, mais cette ligne est peut-être seulement un espace moins lumineux entre deux bandes d'émission très faibles.

Quand on fait la comparaison avec les spectres antérieurs de Nova Aquilæ III, on remarque que les lignes des nébuleuses ont augmenté leur intensité, et que le contraire a eu lieu avec les autres lignes.

Les larges lignes de l'hydrogène et les lignes des nébuleuses ont à peu près conservé leur largeur de juillet 1918. Les premières de ces lignes avaient alors une division en trois maxima distincts; cette division est maintenant disparue. Il reste seulement une large bande sans maximum prononcé.

RELATIVITÉ. — *Remarque sur la théorie de Lorentz comparée à celle de Mie.* Note de M. **Léon Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Le trait caractéristique de la théorie de Mie-Hilbert [1] est que l'on connaît bien la forme explicite de $\delta L$ (variation de l'action totale), mais non pas celle de L. Cette fonction intervient à l'état d'inconnue formelle dans l'expression des tensions $T_a^b$.

La théorie de Fokker-Lorentz [2], moins générale que la précédente, est présentée d'ordinaire comme exempte de l'indétermination qui vient d'être signalée [3]. Elle part d'une forme explicite de l'intégrale d'action, considérée comme somme de contributions matérielle (R), électrostatique (S), électromagnétique (M) et gravifique (H). Par application du principe d'Hamilton, elle aboutit à l'énoncé précis des lois de l'Électromagnétisme et de la Gravitation.

Il nous semble que la théorie de Fokker-Lorentz ne conduit à des résultats cohérents que si l'on soumet l'intégrale d'action à une variation complète. Mais une telle variation ne peut, en général, s'effectuer explicitement, et l'on retombe sur le même inconvénient que dans la théorie de Mie-Hilbert.

Pour le montrer, partons, par exemple, des équations du champ de gravitation [éq. (6) de Fokker]:

$$G_{ab} - \frac{1}{2} g_{ab} G = -\varkappa (T_{ab} + E_{ab}). \tag{1}$$

On sait que le premier membre représente un tenseur qui, rapporté à ses composantes mixtes, possède une divergence (généralisée) identiquement nulle. L'équation (1) entraîne donc nécessairement

$$\operatorname{div}(T_a^b + E_a^b) = 0. \tag{2}$$

D'autre part, Fokker établit (éq. 19) les lois générales de conservation sous la forme

$$\operatorname{div}(T_a^b + E_a^b) - k_a = 0 \tag{3}$$

---

(1) V. H. Weyl, *Raum-Zeit-Materie*, 3e édition, p. 176.
(2) Cf. Fokker, *Proc. Amst.*, 1917, p. 968.
(3) Weyl, *op. cit.*, p. 182.

($k$ désignant la force); *et cette condition est formellement incompatible avec la précédente.*

Il semble que, si l'on donne aux tenseurs $T_{ab}$ et $E_{ab}$ la signification indiquée par Fokker, les formules (3) soient physiquement correctes.

Mais alors on ne peut, sous les mêmes conditions, laisser aux équations du champ de gravitation la forme (1).

Pour retrouver l'accord, il faudrait connaître en fonction des $g_{ab}$ l'expression de l'action électrostatique $S = \int w^a \varphi_a dx_1 dx_2 dx_3 dx_4$, dont Fokker, dans le calcul qui le conduit à (1), suppose *a priori* la variation nulle. Nous pensons au contraire qu'il faut faire intervenir dans la variation de l'action totale, par rapport aux $g_{ab}$, un terme provenant de cette intégrale. Mais pour le calcul de ce terme, nous nous heurtons à la difficulté d'une fonction formellement inconnue, comme dans la théorie de Mie.

Si cette fonction était connue, le calcul effectif des variations permettrait de faire correspondre à la pression de cohésion (dont l'action est S) un tenseur $\Theta_{ab}$ *équivalent*, qui venant s'ajouter dans (1) aux $T_{ab}$ et $E_{ab}$ rétablirait l'exactitude de la formule (3) sans changer la forme des lois de gravitation.

On retombe alors exactement sur la théorie de Mie-Hilbert, dont celle de Fokker-Lorentz ne diffère en rien.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les variations avec la température de la conductibilité du sulfure de calcium.* Note de M. P. VAILLANT, présentée par M. J. Violle.

Lorsqu'on chauffe une couche mince de CaS, préalablement insolée, sa conductibilité augmente rapidement, passe par un maximum très aigu, puis décroît jusqu'à devenir pratiquement nulle. Le gradient conductibilité-température est d'autant plus grand, le maximum d'autant plus élevé que l'échauffement est plus rapide. Le phénomène est bien lié à l'état de phosphorescence, car, si on laisse refroidir avant que la conductibilité soit tombée à zéro, puis que l'on chauffe à nouveau, on observe des variations beaucoup plus faibles et un maximum beaucoup moins élevé.

Dans les Tableaux qui suivent, $n$ représente le temps compté en prenant pour unité 46,4 secondes [1], T la température centigrade, $c$ la conductibilité en unités arbitraires :

[1] Le choix de cette unité était imposé par la méthode de mesure employée : une batterie de piles charge, à travers la résistance inconnue, un condensateur pendant un

| Premier chauffage. | | | | Second chauffage. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n$.......... | 0 | 30 | 50 | $n$.......... | 0 | 20 | 40 |
| T.......... | 27,3 | 73,8 | 82,5 | T.......... | 27,4 | 70,2 | 93,4 |
| $c$.......... | 43 | 47400 (max.) | 41 | $c$.......... | 17 | 531 (max.) | 46 |

L'étude quantitative du phénomène est difficile, car il paraît dépendre des circonstances de fabrication de la couche de sulfure, de la durée et de l'intensité de l'insolation, et du temps écoulé entre cette insolation et le début du chauffage. Il est cependant possible d'obtenir des résultats concordants en opérant sur des couches fortement insolées et en attendant, pour procéder au chauffage, que la conductibilité soit devenue quasi stationnaire (1).

L'accroissement de température produit sur la conductibilité du sulfure deux effets : il fait varier sa valeur instantanée (2) et augmente son taux de variation avec le temps. Pour étudier le premier effet indépendamment du second, il faut réaliser un échauffement assez rapide pour rendre l'influence de la déperdition négligeable. On y arrive très approximativement de la façon suivante. Sur une mince feuille de mica sont collées deux bandes d'étain qui laissent entre elles une fente étroite qu'on recouvre de sulfure agglutiné avec de la colle (3). A l'intérieur de la fente, pénètre à travers le mica la soudure du couple qui sert à l'évaluation des températures. Après séchage et insolation de la couche, la lame de mica est serrée entre deux feuilles d'amiante sur lesquelles on enroule un fil de ferro-nickel que traverse un courant. La capacité calorifique du système est très petite et, en quelques minutes, on peut lui faire parcourir un cycle fermé de températures entre

---

temps $t$ déterminé, puis le décharge dans un balistique; l'intervalle entre deux décharges consécutives, donné par la durée de révolution d'un contact tournant qu'entraîne un moteur synchrone, était de 46,4 secondes.

(1) La conductibilité, après retour à l'obscurité à température constante, croît d'abord jusqu'à un maximum, puis décroît après un palier très étendu où elle reste sensiblement constante (voir *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 713).

(2) Que la température agit sur la valeur instantanée de la conductibilité résulte immédiatement du fait que celle-ci augmente avec la température. Il est évident que si la température n'agissait que sur le facteur de déperdition, la conductibilité devrait diminuer de plus en plus vite à mesure que le sulfure s'échaufferait davantage.

(3) La colle a uniquement pour but d'immobiliser le sulfure sur les électrodes et d'éviter l'emploi d'un dispositif de compression, obligatoire dans le cas du sulfure pulvérulent. Il résulte de très nombreuses expériences de comparaison que son influence sur les lois du phénomène étudié est complètement négligeable.

des limites très étendues. Il est, d'autre part, possible, en réglant convenablement le courant de chauffe, d'arriver rapidement à une température déterminée et de maintenir ensuite celle-ci constante, à $\frac{1}{10}$ de degré près, pendant un temps suffisant pour suivre la loi de déperdition à la température considérée.

Cela posé, si l'on fait se succéder un échauffement et un refroidissement suffisamment rapides, à condition de rester en deçà de la conductibilité maxima, on constate que les deux branches ascendante et descendante de la courbe en $c$, T se superposent à l'ordre de précision des mesures. C'est ce qu'on peut, en particulier, vérifier sur le Tableau suivant :

| T. | $c$. | $c'$. | T. | $c$. | $c'$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 18,5 | 13 | 13 | 56,2 | 1495 | 1473 |
| 22,6 | 20 | 21 | 57,5 | 1820 | 1959 |
| 33,2 | 75 | 78 | 54,0 | 1200 | 1161 |
| 40,6 | 209 | 209 | 41,4 | 234 | 234 |
| 46,0 | 425 | 422 | 31,8 | 65 | 66 |
| 49,8 | 684 | 682 | 25,2 | 28 | 29 |
| 52,3 | 960 | 934 | 20,8 | 16 | 16 |
| 54,6 | 1230 | 1254 | 18,7 | 13 | 13 |

On peut donc admettre que, dans les conditions où l'on a opéré, le temps n'est pas intervenu dans les variations observées. Or, si l'on construit, d'après les données du Tableau, la courbe en Log $c$ et T, on se rend compte que cette courbe est très approximativement une droite. On a

$$c = 1,17\, e^{0,130\,T}. \tag{1}$$

Les $c'$ du Tableau représentent les valeurs de $c$ calculées d'après cette formule.

Si, d'autre part, on suit les variations de $c$ avec le temps à diverses températures, on constate, pour chaque température observée, une variation sensiblement exponentielle, c'est-à-dire de la forme $c = c_0 e^{-bt}$, le coefficient de déperdition $b$ étant lui-même une fonction linéaire de la température.

| T | 0. | 23,6. | 28,2. | 32,9. | 38,2. | 46,3. | 54,6. | 65,2. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $b$ | (−0,0110) | 0,0110 | 0,0174 | 0,0230 | 0,0308 | 0,0406 | 0,0492 | 0,0650 |
| $b'$ | (−0,0196) | 0,0110 | 0,0172 | 0,0236 | 0,0306 | 0,0410 | 0,0516 | 0,0650 |

Dans ce Tableau les $b$ ont été calculés en prenant pour unité de temps la minute et les $b'$ sont les valeurs de $b$ qu'on tire de la formule

$$b = 0,00130(T - 15,1) \tag{2}$$

qui indique, à la température de 15°,1, qu'il y a inversion dans le sens des variations avec le temps.

L'ensemble des résultats qui précèdent peut s'interpréter par une relation de la forme

$$c = c_0 e^{\beta(T - T_0)\left(1 - \frac{t}{t_0}\right)}, \tag{3}$$

$c_0$, $t_0$, $T_0$ et $\beta$ étant des constantes qui, dans l'exemple cité, ont respectivement les valeurs

$$c_0 = 8{,}33, \quad t_0 = 100, \quad T_0 = 15{,}1, \quad \beta = 0{,}130.$$

Mais il est essentiel de remarquer que les résultats indiqués ne se vérifient qu'autant que l'ensemble des déterminations est conduit assez rapidement pour que la déperdition totale reste faible, c'est-à-dire pour que l'expérience terminée et le sulfure ramené à sa température initiale, sa conductibilité soit du même ordre de grandeur qu'au début. Ceci revient encore à dire que les constantes $c_0$, $t_0$, $T_0$ doivent elles-mêmes être considérées comme fonctions du temps.

RADIOGRAPHIE. — *De la détermination du temps de pose.* Note de MM. **G. Contremoulins** et **E. Puthomme**, présentée par M. G. Lippmann.

Pour compléter l'étude des conditions les plus favorables à l'obtention de clichés comparables, nous avons cherché à établir une relation exprimant la variation qu'il convient d'apporter au temps de pose, lorsqu'on modifie le régime du tube. Il nous avait été facile de constater que, toutes choses égales d'ailleurs, l'augmentation progressive du pouvoir pénétrant des radiations imposait une réduction du temps de pose qui s'accentuait très rapidement et permettait, avec de faibles intensités, d'exécuter des radiographies rapides.

L'emploi de l'ampoule Coolidge nous a permis, en généralisant les résultats auxquels nous avions été conduits par l'emploi des tubes à osmo-régulateur, sous le contrôle permanent du radiosclérométre de M. P. Villard, d'établir une formule qui comporte, en pratique, une suffisante précision.

En appelant $l$ la longueur d'étincelle équivalente exprimée en centimètres, E l'épaisseur du sujet à l'incidence normale et $t$ le temps de pose en secondes, l'équation suivante exprime la relation cherchée :

$$t = E^2 e^{-l(1-K)}, \tag{1}$$

$l$ étant la variable et K une constante qui dépend de l'installation.

Nous ne faisons pas figurer dans cette formule le facteur quantité, parce que nos expériences n'ont porté que sur de faibles intensités : 1 à 10 milli ; cependant, entre ces limites, très voisines, il intervient comme un coefficient.

Mais l'action révélatrice de développement, en s'exerçant sur la couche sensible dont la durée d'impression aux rayons X a été définie par cette équation, se manifeste différemment suivant la valeur de $l$, et comme il faut, pratiquement, utiliser un développement unique, il convient d'apporter dans l'application un certain tempérament à la formule (1) afin d'éviter l'exagération des contrastes pour $l$ assez faible ou leur trop grande atténuation pour $l$ suffisamment élevée. Il faut également tenir compte de la variation que subit l'action transformatrice des écrans renforçateurs suivant les radiations utilisées.

Pour satisfaire à ces desiderata, nous avons reconnu qu'il fallait déterminer $l$ en fonction de l'épaisseur, de manière à maintenir le temps de pose entre des limites peu éloignées, quelle que soit la variation d'épaisseur présentée par les sujets.

La formule suivante, dans laquelle $m$ est le rapport des épaisseurs et $\alpha$ la différence des valeurs correspondantes de $l$, nous a donné satisfaction :

$$m^2 = e^{\alpha(l-K')}, \tag{2}$$

le correcteur K' dépendant du mode d'action du révélateur adopté.

Le Tableau ci-dessous, que nous donnons à titre d'exemple, indique le temps de pose pour l'examen du tronc d'un sujet faisant à l'incidence normale 20$^{cm}$ d'épaisseur, le débit du tube étant de 8$^{mm}$ (les écrans renforçateurs utilisés réduisant au $\frac{1}{20}$) :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $l$ (en centimètres)... | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| $t$ (en secondes)...... | 65 | 42 | 20 | 12 | 7 | 5 | 3 | 2 |

L'application de ces données permet de réaliser un dispositif reliant l'échelle du spintermètre à une règle à calculs, par exemple, à l'aide duquel la détermination du temps de pose pour un régime donné, ou inversement, celle du régime convenant à un temps de pose donné, sont obtenues mécaniquement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la composition de quelques gaz de fours à coke.* Note de MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons décrit antérieurement [1] un procédé permettant de déterminer la composition d'un mélange gazeux complexe, et plus particulièrement les proportions relatives d'hydrocarbures, saturés ou non, qui peuvent s'y rencontrer.

En appliquant cette méthode à l'examen de gaz de fours à coke, nous avons obtenu les résultats consignés dans le Tableau ci-dessous :

| | N° 1. | N° 2. | N° 3. 1er essai. | N° 3. 2e essai. | N° 4. |
|---|---|---|---|---|---|
| Oxygène | 0 | 0 | 0 | | 0,69 |
| Oxyde de carbone | 7,39 | 6,41 | 6,87 | | 6,39 |
| Hydrogène | 40,63 | 43,01 | 33,30 | | 44,00 |
| Azote | 20,37 | 18,01 | 8,06 | | 19,36 |
| Absorbable par la potasse ($CO^2$) | 3,07 | 2,79 | 4,35 | | 3,15 |
| Méthane | 25,63 | 27,04 | 41,34 | | 23,57 |
| Ethane | 0,69 | 0,91 | 1,64 | | 0,45 |
| Propane [2] | 0,02 | 0,06 | 0,22 | | 0,07 |
| Carbures acétyléniques | 0,06 | 0,07 | 0,09 | | 0,07 |
| Propylène et homologues | 0,11 | 0,08 | 0,09 | | 0,07 |
| Ethylène | 1,47 | 1,09 | 3,68 | 3,35 | 1,70 |
| Non dosé (vapeur, eau, benzène, etc.) | 0,56 | 0,53 | 0,36 | | 0,48 |

Les échantillons nos 1 et 2 nous ont été envoyés par la Société Schneider et Cie, au Creusot. D'après les informations fournies, le n° 1, prélevé le 20 décembre 1919, résulte de la cokéfaction d'un mélange de charbons renfermant :

| | Pour 100. |
|---|---|
| Decize | 33 |
| Menu Durham | 24 |
| Demi-gras Montceau et Creusot | 30 |
| Anthracite Montceau | 13 |

(1) P. Lebeau et A. Damiens, *Annales de Chimie*, 9e série, t. 8, 1917, p. 221.

(2) L'isobutane n'a pu être dosé, sa proportion étant trop faible dans les quantités de gaz dont nous disposions, mais sa présence a été constatée qualitativement au cours des combustions du produit de queue de la distillation fractionnée des carbures saturés.

Pour le n° 2, prélevé le 23 décembre, le mélange des houilles comprenait :

| | Pour 100. |
|---|---|
| Demi-gras Monceau et Creusot | 28,8 |
| Gras Ruhr | 32,2 |
| Gras Durham | 23,9 |
| Anthracite | 15,1 |

Le gaz n° 3 nous a été adressé par la Société des mines de houille de Blanzy, à Montceau-les-Mines. La houille employée présentait les caractéristiques suivantes :

| | Pour 100. |
|---|---|
| Carbone | 58,24 |
| Matières volatiles | 32,20 |
| Cendres | 9,56 |

Enfin le gaz n° 4 a été prélevé aux fours à coke de la Société normande de Métallurgie, à Caen, dans la période d'essai des fours; nous n'avons pas d'indication sur la nature des houilles utilisées.

La température approximative des fours, lors des prélèvements était de 950° pour les n$^{os}$ 1, 2 et 3, et de 1000° pour le n° 4.

Par l'examen de ces résultats, on peut constater que la composition des gaz de fours à coke se différencie de celle trouvée antérieurement pour le gaz d'éclairage, par des proportions plus faibles d'hydrogène et au contraire nettement plus élevées d'azote, surtout pour les échantillons 1, 2 et 4. En ce qui concerne les hydrocarbures, nous relevons dans un cas une proportion beaucoup plus élevée de méthane, et ce même gaz n° 3 est particulièrement riche en éthylène. En outre, on constate que ces gaz ne contiennent sensiblement pas de benzol.

*Observations de* M. **Henry Le Chatelier** *sur la Communication précédente.*

Les analyses de MM. Lebeau et Damiens confirment ce fait, malheureusement trop connu, que les gaz de fours à coke renferment une forte portion d'azote, de 10 à 20 pour 100, quand la distillation de la houille ne peut guère en fournir plus de 1 pour 100. Ces expériences font connaître de plus un fait très important : la disparition corrélative d'une partie de l'éthylène et de la majeure partie du benzol, c'est-à-dire des deux constituants les plus intéressants du gaz, utilisables soit pour la synthèse de l'alcool, soit pour la préparation des carburants de moteurs.

Cet azote provient de la pénétration de l'air dans les chambres de distillation; l'oxygène qui l'accompagne nécessairement ne paraît plus à l'analyse, il a donc servi à oxyder quelques-uns des éléments constitutifs du gaz. peut-être l'éthylène et le benzol. Il serait très intéressant de savoir comment se font les réactions d'oxydation dans un mélange de gaz et d'air chauffé progressivement à des températures croissantes, entre 200° et 500°, c'est-à-dire au-dessous des températures de combustion vive.

Cette pénétration de l'air tient à la mauvaise qualité des matériaux réfractaires généralement employés à la construction des fours à coke. Dans les anciens procédés de distillation, où l'on brûlait la totalité du gaz produit par la houille, les communications directes entre les chambres et les carneaux de chauffage n'avaient pas grand inconvénient. Il n'en va plus de même aujourd'hui, où les fours à récupération permettent de recueillir une partie des sous-produits de la distillation de la houille : goudrons et gaz, parfois même la totalité, quand on chauffe les fours avec du gaz pauvre de gazogène ou de haut fourneau.

On peut heureusement réduire notablement la perméabilité des maçonneries en y remplaçant les briques alumineuses par des briques siliceuses, qui ne prennent pas de retrait aux températures élevées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique de la subérone.* Note de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. Haller.

En hydrogénant par leur méthode catalytique au nickel un grand nombre de cétones aussi bien aliphatiques que cycliques, MM. Sabatier et Senderens ont obtenu l'alcool secondaire correspondant; la cyclohexanone, par exemple, leur a donné le cyclohexanol. En collaboration avec M. Taboury (¹), j'ai montré que la cyclopentanone fournissait le cyclopentanol, mélangé à une quantité assez importante d'α-cyclopentyl-cyclopentanone. Il m'a paru intéressant de rechercher comment se comporterait dans cette hydrogénation la subérone, cétone cyclique en $C^7$, $\begin{matrix} CH^2-CH^2-CH^2 \\ | \\ CH^2-CH^2-CH^2 \end{matrix}\!\!>\!CO$ et cette Note a pour but de résumer les résultats obtenus.

La subérone, qui m'a servi de matière première, a été obtenue en partant de l'acide

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 8ᵉ série, 1912, p. 41.

subérique préparé, suivant le procédé de Markownikoff ([1]), par oxydation de l'huile de ricin au moyen de l'acide nitrique. Cet acide subérique, purifié en suivant les indications de MM. Blaise et Kœhler ([2]), fondait à 140°. Pour le transformer en subérone, j'ai essayé l'application à cet acide du procédé catalytique à l'oxyde manganeux, institué par MM. Sabatier et Mailhe ([3]), procédé qui, en particulier, avait permis à ces chimistes d'obtenir facilement le cyclopentanone en partant de l'acide adipique. Mes essais ne m'ont donné aucun résultat satisfaisant, l'acide subérique se décomposant trop profondément à la température de 400°. En chauffant au contraire le subérate de chaux, finement pulvérisé et par petites portions, dans un tube placé dans un four horizontal chauffé électriquement et en opérant sous pression réduite (10$^{mm}$ de mercure), on obtient, à la température de 375°-400°, un rendement assez satisfaisant en subérose. 200$^g$ d'acide spbérique m'ont ainsi fourni 60$^g$ de subérone brute qui, par purification à l'aide de la combinaison bisulfitique, ont donné 45$^g$ de subérone pure, bouillant à 180°. Le rendement est donc à peu près égal à 30 pour 100 du rendement théorique.

Soumise à l'action du nickel réduit et de l'hydrogène, à la température de 175°, la subérone s'est transformée presque intégralement en subérol,

$$\begin{array}{l} CH^2 - CH^2 - CH^2 \diagdown \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad CHOH; \\ CH^2 - CH^2 - CH^2 \diagup \end{array}$$

on élimine facilement le peu de cétone ayant échappé à l'hydrogénation par un traitement à l'aide du bisulfite de soude. Le subérol constitue un liquide, bouillant à 184°, ayant pour densité, à la température de 15°, 0,9584; sa phényluréthane se présente sous la forme de belles tables, incolores, fusibles à 85°. Le subérol avait été déjà décrit par Markoniwkoff ([4]), ainsi que sa phényluréthane, et les constantes indiquées par ce chimiste pour ces deux composés s'accordent parfaitement avec celles retrouvées par nous.

Willstœtter et Tokukéi Kamekata ([5]) ayant signalé, en 1908, que le cycloheptane s'isomérisait partiellement en méthylcyclohexane, lorsqu'on soumettait ce carbure à l'action du nickel réduit et de l'hydrogène, à la température de 235°, il m'a paru dès lors intéressant de rechercher si la subérone, dans les mêmes conditions, ne donnerait pas de l'*o*-méthylcyclohexanone ou de l'*o*-méthylcyclohexanol ou le mélange des deux.

([1]) *Berichte der Deutsche Chemische Gesels.*, t. 26, p. 3089.
([2]) *Comptes rendus*, 1914, p. 985.
([3]) *Bulletin de la Société chimique de France*, 1909, p. 689.
([4]) *Berichte der Deutsche Chem. Gesellsch.*, t. 41, p. 1480.
([5]) *Journal für praktische Chemie*, t. 49-50, p. 413.

En soumettant à la catalyse de la subérone et en opérant à la température de 240°, on constate, au début de l'opération, lorsque le nickel est à son maximum d'activité, la formation d'une petite quantité d'eau et de carbure, ce dernier étant en quantité trop faible pour être identifié; puis on recueille un produit qui, distillé, bout aux environs de 178°-182° et qui est constitué par un mélange de subérone et de subérol, facile à séparer en ses constituants à l'aide du bisulfite de sodium, ces derniers étant ensuite identifiés l'un au moyen de sa semicarbazone (point de fusion 163°-164°), et l'autre par sa phényluréthane (point de fusion 85°). Dans cette expérience, à 240°, la proportion de subérone est plus importante que celle constatée en opérant à 175°; ce fait s'accorde très bien avec ceux signalés par les savants auteurs de la méthode d'hydrogénation au nickel. Il résulte donc de nos recherches que la subérone ne s'est pas isomérisée, à 240°, pour donner une chaîne cyclique en $C^6$.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la présence des genres* Phragmites *Trin. et* Nephrodium *L.-C. Rich. dans les argiles pléistocènes de Benenitra (Madagascar).* Note de M. **P.-H. Fritel**, présentée par M. Costantin.

A son envoi de grès à *Gangamopteris* de l'Ankazomanga, dont j'ai parlé il y a peu de temps, M. Perrier de la Bâthie avait joint une série d'empreintes de plantes fossiles provenant de Benenitra, sud de Madagascar.

Ces empreintes sont contenues dans une argile grise dont la puissance peut atteindre une quarantaine de mètres.

A la base du dépôt, cette argile devient noirâtre, légèrement ligniteuse et feuilletée; elle se délite à l'air en libérant des débris végétaux dont M. Perrier de la Bâthie a parfaitement reconnu la nature : ce sont des fibres brunes, provenant de fougères en décomposition, et des fragments de rhizomes et de tiges de *Phragmites*, se présentant sous forme de minces lanières charbonneuses et cassantes.

Bien que répandues à profusion dans l'argile grise mentionnée ci-dessus et à laquelle elles donnent, par leur superposition, un aspect feuilleté, ces empreintes sont peu variées. Les plus communes appartiennent à des portions de rhizomes, de tiges et de feuilles du *Phragmites communis* L., plante répandue encore, à l'époque actuelle, dans les marécages de la grande île; les autres, beaucoup moins nombreuses, résultent de la fossilisation de fragments de frondes du *Nephrodium (Aspidium) unitum* R. Brown (non

Sieber) = *Dryopteris gongyloïdes* Christ., qui se rencontre aujourd'hui dans les stations palustres de Madagascar.

Par leurs proportions, et en tenant compte de la déformation résultant de l'écrasement, les rhizomes et les tiges du *Phragmites* fossile sont absolument identiques aux organes de l'espèce vivante. Le *Nephrodium* n'est représenté que par des fragments de pennes de faibles dimensions, les plus grandes ne comportant que 14 à 18 paires de pinnules; en général la nervation est nettement conservée, mais je n'ai rencontré, jusqu'ici, dans l'envoi de M. Perrier de la Bâthie que des pennes stériles.

L'accumulation de ces débris donne naissance à la base du dépôt, à l'argile noire citée plus haut. La valeur économique de cette argile ligniteuse est nulle, contrairement à l'opinion émise par quelques personnes qui, les comparant, à tort, aux minces couches charbonneuses qui accompagnent les grès schisteux permiens de l'Ankazomanga, ont cru à la possibilité de rencontrer un combustible, pratiquement utilisable, au sein des argiles de Benenitra.

Pour M. Perrier de la Bâthie, les argiles de Benenitra sont de formation relativement récente et d'âge pléistocène tout au plus. Il est néanmoins intéressant d'y constater la présence de plantes vivant encore dans les mêmes lieux et dont l'aire de dispersion actuelle est très vaste. Celle du *Phragmites communis* L. s'étend, pour ainsi dire, sur tous les continents, et le *Nephrodium unitum* se rencontre aussi bien en Floride et aux Antilles, qu'au Brésil et au Pérou, il se retrouve dans l'Himalaya, en Australie, en Nouvelle-Zélande et en Afrique où sa limite de végétation peut atteindre jusqu'au sud de l'Algérie.

La présence de ces deux espèces dans les argiles de Benenitra peut être considérée, semble-t-il, comme un argument en faveur de l'opinion suivant laquelle Madagascar aurait été réunie au continent africain durant la période quaternaire.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'action solaire et les récents troubles de l'atmosphère.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Bigourdan.

Il s'est produit, pendant ce mois de décembre 1920, des variations considérables dans la température et dans l'état de l'atmosphère, qui semblent étroitement liées à des troubles solaires et électromagnétiques correspondants.

Au début du mois de décembre, il existait un gros *foyer solaire*, calme, dont le passage correspondit avec une période de temps doux et beau. Le 6, ce foyer disparut lentement au bord Ouest, entraîné par le mouvement de rotation de l'astre. Aucun autre foyer solaire important ne se montra du 6 au 17; la température s'abaissa progressivement après la disparition du foyer. Le 17 décembre, il se produisit brusquement trois nouveaux foyers importants, dont deux au voisinage du méridien central et un autre dans la région Est.

Leur formation fut aussitôt suivie de violents troubles magnétiques et électriques, de cyclones et de sismes très intenses, sur diverses parties du globe, en particulier dans le Pacifique Nord. Il résulta de cette perturbation subite la formation de violents courants atmosphériques dont la circulation de retour, se dirigeant du pôle de froid au foyer de chaleur, balaya l'Europe d'un courant d'air glacial, qui provoqua, du 17 au 19 décembre, un abaissement considérable de la température, accompagné de neiges abondantes.

Ces phénomènes ne furent que passagers, car, dès le 21, le gros foyer du 6 revenait au bord Est, après une demi-rotation solaire, et provoquait aussitôt une rapide élévation de température. L'action de ce foyer, s'ajoutant à celle des foyers précédents, eut pour résultat immédiat de produire un retour au temps tiède et humide et au régime de vents d'ouest, accompagnés de pluies. Il résulta de ces troubles successifs une variation de température de plus de 20° C. dans l'espace de quelques jours.

Le magnétomètre et l'électromètre accusèrent des variations rapides pendant toute la durée de cette période troublée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur l'assimilation du gaz carbonique par les plantes vertes.* Note de M. **P. Mazé**, présentée par M. Roux.

Quand on soumet à la distillation les feuilles vertes cueillies au soleil, on constate que le liquide distillé renferme des corps aldéhydiques.

La formation de ces corps a été attribuée à la fonction chlorophyllienne et quelques auteurs, pensant avoir réussi à caractériser parmi eux l'aldéhyde formique, ont vu dans leurs résultats une confirmation de l'hypothèse de Bayer et Berthelot sur la synthèse des sucres par les feuilles vertes.

J'ai tenté à différentes reprises de donner une base expérimentale à cette hypothèse en faisant absorber à des plants de maïs cultivés en milieu aseptique des solutions minérales nourricières additionnées de $1^g$ ou $2^g$ d'alcoo

méthylique par litre. Mais cette méthode ne conduit pas à des conclusions favorables à l'hypothèse en question ([1]).

J'ai porté d'autre part mes investigations sur le travail chimique qui s'accomplit dans les feuilles vertes; ces recherches ont donné des résultats que je vais résumer brièvement.

Cueillies sous les conditions atmosphériques les plus variées, les feuilles sont distillées immédiatement sans adjonction d'eau, sous pression réduite à la température de 60° (température du bain-marie).

Le liquide distillé est recueilli dans un récipient plongeant dans la glace fondante et muni d'un réfrigérant à reflux refroidi à l'eau glacée dans le but de prévenir l'entraînement de toute trace de substance volatile.

On a traité de cette façon les feuilles des espèces suivantes : chêne, marronnier d'Inde, sycomore, tilleul, peuplier, ailante, sureau, fusain, troène, lilas, rosier, vigne, trèfle blanc, luzerne, pois, haricot, maïs, ray-grass, betterave, topinambour, dahlia, pissenlit, chrysanthème, laitue, carotte, céleri, chou, pomme de terre, morille noire.

On peut caractériser, chez presque toutes ces espèces végétales, l'alcool éthylique, l'aldéhyde acétique et l'acide nitreux; je n'ai jamais réussi à mettre l'aldéhyde formique en évidence, mais je suis parvenu à déterminer quelques autres corps qui n'avaient pas été signalés jusqu'ici : ces corps existent en quantités sensibles dans les feuilles de maïs, de haricot, de pois, de sureau et de peuplier.

Les feuilles de haricot et de maïs renferment par temps très beau de l'acétylméthylcarbinol, celles de sureau de l'acide cyanhydrique libre et de l'aldéhyde glycolique, celles de peuplier de l'aldéhyde lactique et un corps qui donne par oxydation de l'acide propionique; le distillat fourni par ces dernières brunit un milieu alcalin.

Ces corps ont été déterminés par les réactions suivantes :

*Acétylméthylcarbinol* ($CH^3 - CHOH - CO - CH^3$). — Réduit la liqueur de Fehling, donne la réaction de Legal, forme de l'iodoforme à froid et instantanément en présence de quelques gouttes de lessive de soude et d'une paillette d'iode. Donne à 100° une oxazone insoluble dans l'alcool, fondant à 243°-244°. Forme du diacétyle à 100° par oxydation au moyen du chlorure ferrique, facile à caractériser suivant la réaction donnée par M. Lemoyne ([2]).

Toutes ces réactions se produisent sans concentration préalable avec les deux der-

---

([1]) P. Mazé, *Chlorose toxique du maïs* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 79, 1916, p, 1059).

([2]) *Réaction spécifique du 2-3 butylèneglycol et de l'acétylméthylcarbinol produits de la fermentation butylèneglycolique* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 132).

niers tiers du liquide distillé fourni par des feuilles cueillies par très beau temps vers 17 heures. La concentration de l'acétylméthylcarbinol y atteint l'ordre des dix-millièmes.

*Acide cyanhydrique.* — Odeur caractéristique. Dissolution immédiate de l'iodure d'argent en milieu ammoniacal, etc.; n'existe que par très beau temps. Fait déjà signalé.

*Aldéhyde glycolique.* — Réduit la liqueur de Fehling; forme en présence d'acétate de phénylhydrazine des paillettes jaune brunâtre à la température ordinaire, très solubles dans l'alcool; point de fusion non déterminé avec précision en raison de la difficulté de purifier les petites quantités obtenues.

*Aldéhyde lactique* ($CH^3 - CHOH - CHO$). — Réduit la liqueur de Fehling, recolore la fuchsine sulfitée; donne à la température ordinaire une hydrazone très soluble dans l'alcool. Paillettes jaunes fondant à 145°.

La formation de l'acétylméthylcarbinol, des aldéhydes glycolique et lactique est étroitement liée à l'assimilation du gaz carbonique.

L'extrême sensibilité de la réaction de Lemoyne, qui met en évidence des traces de diacétyle dérivant par oxydation du butylèneglycol ou de l'acétylméthylcarbinol, permet de vérifier que les feuilles de maïs et de haricot sont privées d'acétylméthylcarbinol le matin, qu'elles en renferment en quantités croissantes du matin au soir les jours ensoleillés, et qu'elles en sont entièrement dépourvues les jours pluvieux et froids.

Or ce corps est un produit de digestion des sucres, fréquent dans les fermentations microbiennes, et que j'ai découvert aussi dans les plantules de maïs et de blé germées à l'obscurité. Les produits plus ou moins médiats de l'assimilation du gaz carbonique, variables avec les espèces végétales, sont donc les mêmes que les composés les plus simples du processus de fermentation, variables avec les espèces microbiennes, et comme ces derniers, ils peuvent évoluer simultanément vers la synthèse des sucres, des matières grasses, des matières azotées et des noyaux aromatiques.

Les feuilles des haricots renferment de la coumarine le matin mais non le soir; la propriété que possède le diacétyle de donner des dérivés aromatiques doit être rapprochée de ce fait.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Équilibre azoté et hydrates de carbone de la ration alimentaire.* Note de MM. **A. Desgrez** et **H. Bierry**, présentée par M. d'Arsonval.

La notion de besoins alimentaires *spécifiques*, pour l'organisme, est venue compléter la conception purement quantitative, énergétique, du besoin alimentaire.

Déjà, il est établi que les diverses protéines ne sont pas physiologiquement équivalentes et que le maintien de l'équilibre se trouve, jusqu'à un certain point, conditionné par la structure moléculaire de l'aliment. L'étude de la spécificité alimentaire, au sens chimique du mot, ne pourra évidemment faire des progrès qu'autant que l'on s'adressera à des principes nutritifs de constitution connue. La structure chimique, seule du reste, peut nous renseigner sur les liens étroits qui existent entre les éléments constitutifs d'aliments classés dans des groupes différents. C'est ainsi qu'elle nous fait voir, dans la constitution des matières grasses, un apport en une substance génératrice d'hydrates de carbone (glycérine).

De ce point de vue, il importe de rechercher entre quelles limites des espèces alimentaires peuvent se suppléer, sans dommage pour l'organisme, et sont, en définitive, *physiologiquement* équivalentes. On sait que cette équivalence n'existe pas, entre les hydrates de carbone et les corps gras, vis-à-vis des albumines. Les auteurs qui ont pris, comme base de leurs recherches, l'indispensable notion des *bilans azotés*, sont unanimes à conférer aux hydrates de carbone une supériorité marquée sur les graisses par rapport à la dépense azotée. Nous sommes d'accord avec ces auteurs et nous avons montré que, chez l'animal, pour l'albumine d'œuf, le minimum d'azote présentait une valeur plus faible quand un hydrate de carbone était présent, à un taux élevé, dans la ration [1].

Nous avons poursuivi l'étude du rôle fonctionnel des hydrates de carbone en cherchant à établir, dans une ration, par rapport aux mêmes albumines et aux mêmes matières grasses, les quantités de sucres déterminés nécessaires pour que l'équilibre azoté fût réalisé.

Des rats adultes, mâles (au repos et à une température extérieure de 18° à 20°) sont mis à une diète composée d'eau, de sels, d'albumines d'œuf, de sucres purs et de substances grasses, préparées et exemptes d'azote : graisse de porc, de bœuf, de mouton, ou beurre. Cette nourriture était privée de vitamines, comme nous avons pu nous en assurer sur des rats adultes et des rats en croissance. Les bilans azotés et phosphorés ont été suivis de la manière déjà indiquée (*loc. cit.*) pendant 25 et 30 jours.

Nous avons d'abord constaté que si l'on fait passer un rat, brusquement, d'un régime ordinaire au régime synthétique renfermant une très forte proportion d'albumines et de graisses, par rapport aux sucres, cet animal perd rapidement de l'azote, et qu'il suffit, alors, d'abaisser fortement l'apport des

---

(1) A. Desgrez et H. Bierry, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1209.

mêmes albumines et des mêmes graisses et d'élever de façon correspondante la proportion des sucres pour que l'équilibre azoté soit rapidement atteint. Nous avons ensuite recherché les proportions d'hydrates de carbone déterminés à introduire dans une ration, composée des mêmes espèces et de valeur énergétique donnée et suffisante, pour que l'équilibre azoté fût atteint d'emblée ou très rapidement.

Avec une ration (comprenant, par gramme de rat et par jour, $0^g,0078$ d'albumines d'œuf; $0^g,016$ de graisse : 1 partie de graisse de bœuf, 0,5 partie de graisse de mouton et 1,5 partie de graisse de porc, et $0^g,019$ de sucres; 10 parties de lactose et 90 parties de saccharose), les bilans azotés ont été les suivants :

| | Azote ingéré. | Azote éliminé. | Bilans. |
|---|---|---|---|
| Premier jour | $0^g,220$ | $0^g,224$ | −0,004 |
| Deuxième jour | 0,230 | 0,206 | +0,024 |
| Troisième jour | 0,230 | 0,210 | +0,020 |

Si, dans cette ration, on abaisse de moitié la quantité de sucre, et si on la remplace par une quantité isodyname de graisse, le bilan azoté devient négatif le lendemain ($-0^g,06$). Il suffit alors de rétablir les proportions primitives pour voir le bilan redevenir positif. On peut ainsi obtenir, à volonté, des alternances de bilans négatifs et positifs.

Il est possible, les quantités de graisses et de sels de la ration demeurant fixes, et en abaissant le taux de l'albumine, à condition d'augmenter celui des sucres, d'assurer l'équilibre azoté, par exemple, avec les proportions suivantes : $0^g,0047$ d'albumines, $0^g,016$ de graisses et $0^g,022$ de sucres (saccharose, 45 parties; lactose, 5 parties; lévulose, 50 parties).

Nous avons de même réussi, avec le beurre purifié, les mêmes albumines et les mêmes sucres, à assurer l'équilibre azoté, chez un rat, avec $0^g,004$ d'albumines d'œuf, sans que nous puissions dire si le minimum a été atteint.

Ces chiffres ne doivent pas être considérés comme ayant une valeur absolue, mais comme représentant un ordre de grandeur, car il faut tenir compte des pouvoirs individuels d'utilisation propres aux animaux en expériences.

Avec une nourriture synthétique, privée de vitamines, l'équilibre azoté peut être suivi et assuré pendant 20 à 25 jours, exceptionnellement 30 jours. A l'expiration de ces délais, les accidents d'avitaminose se tra-

duisent déjà par des bilans azotés et phosphorés négatifs (1). De plus, à cette période, on ne peut empêcher bon nombre d'animaux de manger leurs excréments.

*Conclusions.* — Au-dessous d'une certaine limite, les hydrates de carbone ne peuvent être suppléés par aucune autre espèce alimentaire. De nos expériences, qui reposent sur plusieurs centaines d'analyses, il résulte que, dans les conditions indiquées, l'équilibre azoté ne saurait être assuré, dès le début, et maintenu dans la suite, sans la présence, dans la ration d'entretien, d'un minimum d'hydrates de carbone.

TOXICOLOGIE. — *Sur l'intoxication par les méthanes nitro-halogénés.* Note de MM. **André Mayer**, **Plantefol** et **Fred. Vlès**, présentée par M. Henneguy.

Les méthanes nitro-halogénés, lorsqu'ils sont introduits dans l'organisme des Mammifères, provoquent une intoxication qui peut aller jusqu'à la mort de l'animal. L'un des mécanismes par lesquels ces corps ont une action mortelle est celui qui apparaît lorsqu'on en fait *inhaler* les vapeurs au sujet d'expérience. On constate tout d'abord que ces corps sont *irritants* pour les voies respiratoires et provoquent en passant dans les premières voies, puis dans les voies respiratoires profondes, les différents réflexes que nous avons décrits dans une Note précédente ; à ce point de vue, la chloropicrine, la bromopicrine et le dichlorodinitrométhane (2) ont une action du même ordre de grandeur.

Lorsque le contact de ces corps avec les muqueuses pulmonaires est suffisamment prolongé ou que la dose inhalée est assez forte, il en résulte des *lésions* très profondes des cellules de la muqueuse bronchique, une congestion intense du parenchyme pulmonaire et surtout l'apparition de transsudat dans le poumon.

Il s'agit là d'un œdème massif remplissant les alvéoles et si abondant que le liquide d'œdème peut, au moment de la mort, constituer jusqu'à

(1) Une phase d'équilibre azoté précaire précède ces accidents. Les vitamines constituent donc, pour l'organisme, des réserves vite épuisées et ces substances ont un rôle déterminé et constant à remplir dans le métabolisme.

(2) Nous devons les échantillons dont nous nous sommes servis à MM. Moureu, Delépine et Job.

58 pour 100 du poids total du poumon; c'est cet œdème qui amène une asphyxie mortelle.

Les différents méthanes nitro-halogénés n'ont pas, pour provoquer cet œdème, une activité égale : le plus puissant est la chloropicrine; la bromopicrine et le dichlorodinitrométhane sont 8 à 10 fois moins actifs.

Si la production de l'œdème pulmonaire est le mécanisme par lequel ces corps amènent la mort lorsqu'ils sont inhalés, ils ont certainement d'autres propriétés toxiques; quand on les introduit dans l'organisme d'un Mammifère non plus par inhalation, mais par injection intrapéritonéale, on peut également, pour une dose convenable, provoquer la mort de l'animal. L'une des modalités de cette nouvelle action toxique est vraisemblablement la formation de méthémoglobine dans le sang; on constate, en effet, que si la chloropicrine n'a *in vivo* qu'une faible action méthémoglobinisante, par contre, après intoxication par le dichlorodinitrométhane (comme aussi par le tétranitrométhane), le sang, au moment de la mort, est très brun. Cet aspect est dû à la présence d'une quantité considérable de méthémoglobine acide (de bandes 633, 580, 542, 500) pouvant atteindre jusqu'à près de 80 pour 100 (1).

(1) Aucune trace d'hématine, recherchée à l'état d'hémochrogène, n'a été constatée. Le Tableau ci-dessous donne le protocole des expériences; la mesure spectrophotométrique porte sur 633; $K = \frac{\text{colog.} \frac{I}{I_0}}{Cl}$. Aux expériences par injection nous avons ajouté, à titre comparatif, une expérience par inhalation : elle ne montre, pratiquement, aucune altération du sang (le coefficient K est voisin de 3 pour les sangs normaux, et de 30 pour la méthémoglobinisation totale).

| Corps. | Nos. | Dose. | Mode d'intoxication. | Mort. | Méth. à l'examen qualitatif. | Mesures spectrophotométriques $K_{633}$. | Ordre de grandeur de la méth. pour 100 des hémoglob. totales. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C(NO^2)^4$ ....... | 148 | » | » | » | Très forte | » | » |
| » ....... | 158 | 0,5 g : kg | Inject. per. | 1 heure | Très forte | 24 | 80 |
| $Cl.C(NO^2)^3$.... | 150 | 0,5 g : kg | Inject. per. | 2 heures | Traces nettes | » | » |
| » .... | 156 | 0,5 g : kg | Inject. per. | tué après $2^h 30^m$ | Nulle | 2,9 | 0 |
| » .... | 157 | 0,5 g : kg | Inject. per. | 20 min. | Faible | 8,4 | 20 |
| » .... | 154-155 | 5,0 g : m³ | Inhalation | 30 min. | Nulle | 3,3-3,4 | < 2 |
| $Cl^2.C(NO^2)^2$... | 153 | 0,5 g : kg | Inject. per. | 45 min. | Très forte | 18,5 | 58 |

ZOOLOGIE. — *Le pseudo-hermaphrodisme tubaire chez les Cétacés mâles.* Note de M. **R. Anthony**, présentée par M. Edmond Perrier.

La présence d'un utricule mâle très développé paraît avoir chez les Cétacés la valeur d'un caractère constant. Il résulte de mes observations chez les Cétodontes qu'il dépasserait toujours les limites de la prostate, se continuant à l'intérieur du meso-interdéférentiel, entre les deux canaux déférents. J'ai même constaté chez un *Delphinus delphis* L. que l'utricule mâle se prolongeait à droite par un canal mullérien. D'autre part, chez un *Lagenorhynchus albirostris* Gray, Meek a récemment observé un canal mullérien bilatéral s'étendant d'un testicule à l'autre, mais sans relation avec l'utricule mâle qui se terminait en cul-de-sac à une certaine distance du bord antérieur du meso-interdéférentiel.

On a signalé, surtout chez les Reptiles et chez les Oiseaux, des cas comparables, mais toujours très exceptionnels, de pseudo-hermaphrodisme tubaire. Ce sur quoi il convient surtout d'insister, c'est sur le rapprochement qu'impose, avec un certain nombre d'autres Mammifères, cette tendance au développement exagéré de l'appareil conducteur femelle chez les Cétacés du sexe mâle.

On sait en effet que, chez quelques Mammifères, la persistance des canaux mullériens, sur une plus ou moins grande partie de leur étendue, est normale ou très fréquente. Par exemple : dans le groupe des Ongulés, le Cheval, l'Ane et les Zèbres (Périssodactyles) ont un long utricule mâle contenu dans le meso-interdéférentiel et très souvent bifide à son extrémité antérieure; chez la Loutre et le Castor, carnassier et rongeur adaptés à la vie aquatique, l'utricule mâle se divise normalement en deux branches qui accompagnent les canaux déférents.

Sur les deux individus mâles et adultes de *Mesoplodon* que j'ai étudiés, et qui sont les deux seuls dont on ait jusqu'à ce jour examiné les organes génitaux [l'un échoué à Karmö (Norvège) en août 1895, et l'autre à Saint-Vaast-la-Hougue (France) en novembre 1908], les canaux mullériens très bien développés se prolongeaient jusqu'à l'extrémité postérieure du testicule où ils se terminaient par atténuation progressive et en cul-de-sac.

Si l'on rapproche ces derniers faits qui tendent à établir que le pseudo-hermaphrodisme tubaire est, chez le *Mesoplodon* mâle, un caractère normal et constant, de l'ensemble des autres caractères archaïques que pré-

sente cet animal, par exemple dissociation incomplète du hile-rénal, position des testicules dans une cavité vaginale distincte (¹), on est conduit à considérer que les particularités anatomiques exceptionnellement constatées chez un *Delphinus delphis* L. et un *Lagenorhynchus albirostris* Gray sont des vestiges d'une disposition primitive. Or, cette disposition se rencontre précisément d'une façon plus particulière : 1° chez les Ongulés, et notamment les Périssodactyles dont on a si souvent rapproché les Cétacés; 2° chez quelques Mammifères aquatiques d'affinités très différentes, mais comparables en ce qu'ils sont encore peu profondément adaptés à la vie dans les eaux.

Il convient enfin de faire observer que la fréquence du pseudo-hermaphrodisme tubaire chez les Cétacés cétodontes coïncide avec le peu de netteté de leurs caractères sexuels secondaires d'une façon générale. Sa constance, qui paraît probable chez cette forme cétacéenne, à tous égards primitive, qu'est le *Mesoplodon*, est à rapprocher, d'autre part, de l'absence constatée dans le testicule du spécimen de Karmö (le seul testicule de *Mesoplodon* observé jusqu'ici) de toute cellule pouvant être rapportée au tissu intersticiel.

CYTOLOGIE. — *Spermatogenèse de* Corethra plumicornis *et chromosomes eupyrènes*. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente (²), j'ai donné la description de la mitose somatique chez ce Diptère; le nombre des chromosomes y est de trois. Le fait que ce nombre est impair et qu'il est si petit conférait un intérêt particulier à l'étude de la méiose.

Tandis que la formation des globules polaires n'a pu être suivie de façon satisfaisante, la spermatogenèse a fourni un beau matériel d'observation. Tout au début de la prophase I, le noyau du petit spermatocyte montre des filaments onduleux, peu colorables, qui circulent dans toute l'étendue du noyau. A ce stade fait suite un synapsis véritable, donnant des aspects particulièrement ressemblants à ceux du synapsis chez *Angiostomum nigrovenosum*. Il est constitué par une masse filamenteuse illisible en suspension dans le noyau agrandi. Celle-ci se gonfle rapidement à un moment donné; alors, l'élément filamenteux tassé se développe dans toute la vacuole

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1174, et t. 170, 1920, p. 529.
(²) *Caractères atypiques dans la mitose somatique chez* Corethra plumicornis (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 193).

nucléaire sous forme de longs cordons plutôt grêles, indivis, qui dessinent des boucles accolées à la face interne du noyau. La longueur et la gracilité des cordons, ainsi que la formation de ces boucles, ne permettent pas d'établir s'ils correspondent à un seul filament ou à plusieurs.

Le stade où l'on voit l'élément filamenteux réoccuper toute la cavité nucléaire correspond au stade pachytène, mais les cordons faiblement chromatiques qu'on y voit ne rappellent en rien les anses épaisses du pachynema. Or cet aspect, acquis presque d'emblée à la suite du synapsis, va persister durant presque toute la prophase I. On ne rencontre pas dans cet objet la série des stades lepto-, zygo-, pachy- et strepsinema. Notons l'absence complète de tout aspect d'appariement de filaments; notons encore la démonstration, fournie par *Corethra*, que la notion de synapsis peut être dissociée de celle d'appariement.

Dès que les spermatocytes I deviennent libres dans la poche testiculaire, l'élément chromosomique se raccourcit assez brusquement et sans montrer d'ailleurs aucun indice de clivage. Il fournit alors trois bandes indépendantes courbées en arc ou spiralées. Au moment où le fuseau commence, elles sont devenues trois bâtonnets courbes avec une faible indication de fente selon la longueur; mais la condensation va plus loin et elles apparaissent ensuite comme trois masses trapues, très chromatiques, montrant un aspect de croix, forme fréquente des chromosomes hétérotypiques.

Il existe deux mitoses de maturation. La première fonctionne de telle sorte que son anaphase dispose trois anses simples de chaque côté du plan équatorial. Dans la reconstitution du noyau des spermatocytes II, la persistance de l'autonomie des trois chromosomes paraît certaine. La mitose II se fait sur trois chromosomes simples qui se dédoublent seulement à la fin de la métaphase, et les spermatides renferment chacune trois petits chromosomes simples et d'égale taille. Le chiffre 3 représente donc le nombre haploïdique chez *Corethra*.

Si l'on s'en tient aux faits divulgués, lesquels présentent une certitude telle qu'ils ont pu être photographiés, on doit conclure que le nombre haploïdique est le même que celui des chromosomes somatiques, résultat paradoxal, étant donné les notions acquises.

Ces faits singuliers peuvent être interprétés de deux façons :

1° On croit à l'autonomie des chromosomes : dans l'œuf, les pronucléi renferment chacun trois chromosomes simples, la métaphase et l'anaphase de la première mitose de segmentation comptent six chromosomes. Mais à sa télophase, les six chromosomes se conjugueraient deux à deux, don-

nant ainsi trois anses bivalentes, qu'on retrouverait telles à la prophase suivante. A la métaphase de la deuxième mitose de segmentation, les deux chromosomes constituants de chaque anse se séparent, et, désormais, tous les noyaux ne présenteront plus que trois chromosomes. Cette mitose somatique, équationnelle, serait donc, en fait, réductionnelle, quant à son résultat. Toutes les cellules somatiques et les gonies possèdent, à la suite de cette mitose, trois chromosomes qui, par l'effet d'une division longitudinale précoce et inefficace, apparaissent doubles à la fin de l'anaphase. Au début de la prophase hétérotypique, on ne rencontre pas, comme ailleurs, de stade zygonema, pour la raison que la méiose a eu lieu il y a très longtemps, lors de la deuxième mitose de segmentation.

Cette interprétation est compliquée; elle déplace de façon inattendue l'endroit où s'effectue la réduction numérique; surtout, elle exige la séparation définitive, en deux lots, de chromosomes qui viennent à peine d'être réunis en un seul noyau par l'acte de la fécondation. D'autre part, il serait curieux qu'une mitose somatique dût effectuer cette réduction, alors qu'il existe une mitose hétérotypique authentique. En revanche, elle justifie bien l'absence constatée des stades zygo- et strepsinema.

2° Les pronucléi mâle et femelle sont formés chacun de la substance de trois chromosomes simples; six chromosomes composent ainsi le noyau de fécondation. Mais il y aurait chez *Corethra* fusion des pronucléi avec combinaison des chromatines paternelle et maternelle. La masse chromatique qui en résulte se concentre ensuite, mais non pas de façon à donner six chromosomes; elle se rassemble autour de *trois centres de constitution chromosomique* indépendants des chromosomes préexistants. Le jeu des forces qui s'appliquent en ces trois centres détermine la production de trois chromosomes prophasiques riches en chromatine. Le fait que chacun de ces trois chromosomes eupyrènes est formé de la substance de deux chromosomes à substance réduite apparaît dans la propriété qu'ils ont de se cliver spontanément, à plusieurs reprises, à des stades de la mitose où la chose n'a pas lieu généralement. L'eupyrénie les rend plus sensibles que d'autres aux diverses variations du métabolisme mitotique, ce que traduisent l'apparition plus facile de la fente longitudinale et la grandeur de cette fente.

La première mitose de segmentation de l'œuf se fait ainsi sur trois chromosomes et non sur six, et il en est de même pour toutes les mitoses consécutives. A la fin de la prophase I, nous retrouvons trois chromosomes avec la forme de dyades hétérotypiques; les deux mitoses de maturation ont lieu comme dans le cas d'une véritable réduction numérique; elles n'effec-

tuent au contraire ici qu'une réduction de masse, et ne font, en somme, que ramener les trois chromosomes eupyrènes à l'état d'oligopyrénie. Cela prouve l'indépendance du nombre des mitoses maturatives d'avec la notion de méiose numérique.

PHYSIOLOGIE. — *Participation des noyaux cellulaires aux phénomènes de sécrétion. Propriétés anticoagulantes de l'acide nucléinique de l'intestin.* Note de M. **Doyon**, présentée par M. Charles Richet.

I. L'ensemble de mes travaux démontre qu'une substance anticoagulante sécrétée par l'organisme sous certaines influences (peptone, atropine, morphine, etc.) a son origine dans les noyaux cellulaires. J'ai donné à cette conclusion une nouvelle base en montrant qu'on peut extraire de tout organe une substance phosphorée qui s'identifie à la substance active sécrétée sous l'influence de la peptone, de l'atropine ou de la morphine et en prouvant que les acides nucléiniques possèdent le pouvoir anticoagulant.

II. Tous les acides nucléiniques ne se prêtent pas avec la même facilité à cette démonstration. Je conseille particulièrement l'emploi de l'acide nucléinique de l'intestin qu'il est très facile de préparer en partant de l'intestin du chien ou du cheval et en suivant la méthode de Neumann. L'expérience suivante prouve que l'action anticoagulante peut être observée à l'exclusion de toute hémolyse.

On prépare dans des tubes à essais les échantillons suivants :

*a.* $0^{g},1$ d'acide nucléinique dissous dans $5^{cm^3}$ d'une solution à 5 pour 1000 de carbonate de soude;

*b.* $0^{g},1$ d'acide nucléinique dissous dans $5^{cm^3}$ d'une solution contenant pour 1000 d'eau distillée, $4^{g}$ de chlorure de sodium, $5^{g}$ de carbonate de soude;

*c.* $5^{cm^3}$ d'une solution à 10 pour 1000 de carbonate de soude (échantillon témoin, sans acide nucléinique).

Après dissolution de l'acide nucléinique, les échantillons *a* et *b* sont faiblement mais nettement acides au tournesol.

Chaque échantillon est additionné de $28^{g}$ de sang provenant directement de la carotide d'un chien, puis centrifugé immédiatement. Les échantillons *a* et *b* ne coagulent pas. Le plasma de l'échantillon *a* est nettement coloré en rouge par suite d'une hémolyse, assez faible d'ailleurs. Le plasma de l'échantillon *b* n'est pas coloré en rouge; il n'y a pas hémolyse. L'échantillon *c* est pris en masse; la fibrine forme un bloc blanc au-dessus des glo-

bules; un peu de sérum est exsudé et présente une teinte rouge (hémolyse).

Avec le plasma des échantillons *a* et *b* on prépare une série de tubes contenant chacun $2^{cm^3}$ de plasma additionnés soit de sérum seul (5 gouttes), soit uniquement d'une solution de chlorure de calcium à 10 pour 100 (5 gouttes), soit d'un mélange de sérum et de la solution de chlorure de calcium (5 gouttes de chaque). Douze heures plus tard aucun tube ne présente de caillot. L'addition de nouvelles doses de 5 gouttes dans les mêmes conditions que précédemment provoque la prise en masse en 2 à 3 heures des échantillons contenant à la fois du sérum et de la solution de chlorure de calcium (10 gouttes de chaque, au total).

III. L'acide nucléinique préparé par le procédé de Jones donne les mêmes résultats.

J'ai aussi utilisé le sel de soude de l'acide nucléinique de l'intestin. Même en solution neutre ce sel provoque une légère hémolyse. L'apparition d'une hémolyse très intense indique une cause d'erreur, la présence d'un peu de soude entraînée dans la préparation du nucléinate.

EMBRYOGÉNIE. — *Reproduction sexuée et reproduction asexuée.* Note de M. A. **Malaquin**, présentée par M. Henneguy.

La *Salmacina Dysteri* (Huxley) offre une diversité dans les phases sexuelles et asexuelles que j'ai déjà fait connaître ([1]); je me propose de préciser, dans cette Note, les rapports entre les deux modes asexué et sexué de la reproduction chez ce Serpulide.

I. Tous les individus de l'espèce considérée, qu'ils présentent la sexualité hermaphrodite, ou qu'ils se multiplient par voie asexuée, possèdent des glandes sexuelles dans tous les métamères de la région abdominale, à l'exclusion du thorax stérile. Chez l'individu sexué hermaphrodite, cas le plus fréquent de la sexualité chez la *S. Dysteri*, les deux ou trois premiers métamères ont des glandes mâles, les huit ou dix suivants ont des glandes femelles, qui produisent chacune deux ou trois gros œufs murs flottant dans le cœlome. Les gonades des métamères de la région abdominale postérieure ne présentent en général qu'un accroissement réduit. Chez les individus en voie de reproduction asexuée, les glandes sexuelles existent également dans toute la région abdominale, laquelle est soumise à la scissi-

([1]) *Zoologischer Anzeiger*, 1911.

parité. Ces gonades y sont à l'état d'ébauches et représentées par des cellules goniales, ou bien elles sont aux premiers stades de leur croissance et renferment alors des spermatocytes ou des ovocytes. Outre le matériel sexuel, il existe dans la région abdominale un matériel histogénique dont la prolifération assure la construction des organes nouveaux du schizozoïte ([1]).

II. Le développement des produits génitaux a lieu, chez la *S. Dysteri*, pendant les mois du printemps et de l'été, et la période principale de maturité sexuelle est atteinte à la fin de cette dernière saison. C'est en effet en août et septembre que la ponte des œufs, leur développement et les éclosions larvaires présentent leur plus grande intensité, sur les côtes du Boulonnais. En octobre, il y a un ralentissement très marqué de ces phénomènes.

Pendant les mêmes périodes, d'autres individus, vivant dans les mêmes touffes de petits tubes calcaires secrétés par ces Serpulides, se multiplient par voie asexuée. Dans certaines ils sont en majorité (dans une petite touffe dénombrée le 1er octobre 1920 il y avait sur 772 individus : 93 sexués hermaphrodites, 245 en scissiparité ou s'y préparant, 434 divers); dans d'autres le nombre des sexués l'emporte manifestement par rapport aux asexués. Dans l'immense majorité des cas observés les deux modes de reproduction évoluent parallèlement, aux mêmes époques, chez les individus d'une même touffe soumis aux mêmes conditions générales : composition du milieu marin, alimentation, température. C'est le point qu'il convient de souligner.

III. Parmi les Salmacines en multiplication asexuée, un certain nombre d'individus présentent pendant la période annuelle d'activité génitale de l'espèce un accroissement et une activité de leurs glandes sexuelles. La région céphalique de l'individu engendré ou schizozoïte apparaissant entre le septième et le dixième segment abdominal, il existe en avant d'elle huit métamères en moyenne, appartenant à l'individu générateur et qui correspondent précisément à la région hermaphrodite des individus sexués. Tandis que, pendant la reproduction asexuée, les glandes sexuelles de cette partie du corps restent souvent inactives, par contre, chez une notable proportion d'individus, ces gonades s'accroissent, et cela pendant la période même où ces organes, chez les formes sexuées, sont en activité fonctionnelle.

Les gonades femelles prolifèrent, leurs ovocytes s'accroissent, tombent

([1]) Voir à ce sujet mes Notes antérieures (*Comptes rendus*, 1895, 1903 et 1905).

dans le cœlome et y flottent; leur dimension peut atteindre en diamètre $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ des gros ovocytes mûrs chez les sexués; cet accroissement est vraisemblablement limité par le défaut de matériel nutritif, lequel est utilisé pour la formation du schizozoïte issu de la scissiparité.

Les gonades mâles, par contre, offrent le cycle complet de la maturité de leurs produits. On rencontre, dans les deux premiers métamères abdominaux, de petits groupes de spermatocytes, de spermatides et de spermatozoïdes libres dans le cœlome. Souvent ces éléments sexuels, très petits par eux-mêmes et peu nombreux, échapperaient à l'observation, si l'on ne les décelait par l'examen histologique des coupes. Mais dans quelques cas les produits de la glande mâle, très active, sont beaucoup plus nombreux et arrivent à remplir le cœlome des deux premiers métamères; ceux-ci offrent en même temps des entonnoirs ciliés cœlomiques pour l'évacuation des spermatozoïdes, de même que chez les formes sexuées à maturité.

Il en résulte que, chez les individus en scissiparité, la sexualité femelle se manifeste sans y atteindre son complet développement; par contre la sexualité mâle, réduite quantitativement, y est atteinte au point de vue qualitatif et quelquefois aussi au point de vue quantitatif.

D'une part, la reproduction sexuée et la reproduction asexuée des Salmacines se manifestent et évoluent parallèlement aux mêmes époques chez des individus différents mais habitant dans une même touffe de tubes; d'autre part, dans les mêmes conditions, un même individu possédant des glandes génitales peut se reproduire par voie asexuée et acquérir en même temps, par l'entrée en activité de ses gonades, une maturité sexuelle ou réduite ou complète. Or, comme les conditions générales extérieures sont sensiblement identiques pour les individus d'une même touffe, il résulte de ces faits que le déterminisme des deux modes de reproduction n'est pas lié aussi étroitement qu'on le suppose, soit à la composition du milieu (milieu défavorable provoquant l'apparition de la sexualité), soit à l'influence de l'alimentation (pléthore pour la reproduction asexuée, inanition pour l'apparition de la sexualité), soit enfin à la température (¹) (le froid amenant la fin de la multiplication asexuée et provoquant l'apparition de la sexualité). Les conditions générales : milieu, alimentation, température, influencent à la fois les reproductions asexuées et sexuées, mais on doit rechercher ailleurs les causes déterminantes de l'un ou l'autre mode de la

---

(¹) Les observations de L. Dehorne montrent que le facteur température n'a pas une action déterminante sur l'apparition des phénomènes sexuels et asexuels des Oligochètes naïdimorphes.

reproduction, et ces causes résident vraisemblablement, chez les Annélides en question, dans des corrélations fonctionnelles de l'organisme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de l'épuration des eaux d'égout, par le procédé des « boues activées »*. Note de M. **Lucien Cavel**, présentée par M. A. Haller.

On sait qu'en aérant des boues d'eaux d'égout par barbotage d'air, on obtient, après un certain temps, des boues qui acquièrent la faculté d'épurer les eaux d'égout, avec lesquelles elles sont en contact. Ce sont des « boues activées ». En maintenant l'aération suffisante, l'épuration se fait en quelques heures, pourvu que la proportion du mélange soit convenable.

Dès que l'activité apparaît, on observe une chute brusque de l'ammoniaque, qu'on retrouve sous forme d'azote nitreux et nitrique. Cette transformation de l'ammoniaque est-elle un phénomène microbien?

Pour m'en rendre compte, j'ai réalisé les expériences suivantes :

Deux ballons A et B, renfermant une même eau d'égout, sont stérilisés à l'autoclave par le procédé classique, c'est-à-dire 20 minutes à 120° C. On laisse refroidir lentement, et le lendemain on ensemence le ballon A avec $40^{cm^3}$ de boue activée par litre. Puis dans l'un et l'autre, après les avoir munis des tubulures nécessaires, on insuffle de l'air. On examine ensuite, les variations en ammoniaque dans la composition des liquides aux temps $t$; $t+2$ heures; $t+4$ heures; $t+6$ heures; $t+24$ heures; et l'on obtient les résultats suivants :

| | $AzH^3$ en milligrammes par litre. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $t$. | $t+2$ h. | $t+4$ h. | $t+6$ h. | $t+24$ h. |
| Ballon A, ensemencé........ | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 18,4 | 0 |
| Ballon B, non ensemencé.... | 20,4 | 20,4 | 20,4 | 20,4 | 20,4 |

Il y a une légère différence, entre les chiffres de l'ammoniaque du ballon A et du ballon B, au début de l'expérience. Elle provient de la dilution due à l'ensemencement. Mais le fait frappant, est la disparition totale de l'ammoniaque au bout de 24 heures (¹) dans le ballon ensemencé, et la constance de celle-ci dans le ballon non ensemencé. On constate aussi dans le premier appareil, l'apparition de nitrates et de nitrites, et leur absence dans le second, même en prolongeant cet essai plusieurs jours.

En répétant ces expériences, sur des eaux d'égout stérilisées par filtra-

(¹) On aurait pu l'obtenir en un temps plus court, par un ensemencement copieux.

tion à la bougie Chamberland, on arrive à des résultats identiques. Par conséquent, où il y a ensemencement, il y a épuration.

D'autres expériences sont à signaler. Ainsi, en faisant un mélange, à parties égales, d'eau d'égout contenant 16mg d'$AzH^3$ par litre, avec une eau décantée ayant subi l'action des boues activées (ce qui revient à un ensemencement), et dans laquelle l'ammoniaque est tombée à zéro, on remarque, après 24 heures d'aération, l'absence d'ammoniaque, alors qu'il y en avait 8mg par litre dans le mélange initial. L'eau épurée par les boues activées possède donc, elle aussi, des facultés épurantes à cause des ferments nitriques qu'elle retient en suspension. Et il est intéressant de remarquer en passant que son évacuation, à la rivière, ne peut que favoriser l'auto-épuration subséquente.

D'autre part, en cherchant à écourter ce que Diénert a justement appelé *la période d'activation*, c'est-à-dire le temps nécessaire pour obtenir des boues activées, et qui est assez long [1], j'ai eu l'idée de prélever sur un lit percolateur arrêté depuis sept mois, du mâchefer où j'espérais trouver encore des ferments nitriques, pour ensemencer des boues soumises à l'activation. Le résultat ne s'est pas fait attendre car, en moins de 15 jours, j'ai obtenu cette activation, gagnant ainsi 45 jours sur la méthode usuelle.

Je n'en suis pas resté là. Je retrouve en effet dans mes Notes de laboratoire du mois de juin dernier, que le 12 au matin on prépare un ballon renfermant quelques morceaux de mâchefer stérilisés qu'on arrose de $50^{cm^3}$ de boues activées. On laisse ainsi jusqu'au 14 après-midi. A ce moment, on y met de la boue fraîche prélevée le matin à l'usine d'Ivry, et l'on insuffle de l'air. Le 17 on constate la disparition totale de l'ammoniaque, alors qu'à l'origine on avait 14mg,4 par litre. Les boues s'étaient activées en trois jours.

Tous ces faits semblent bien démontrer qu'on se trouve en présence de phénomènes microbiens quant à la disparition de l'ammoniaque dans l'épuration des eaux d'égout, par la méthode des boues activées. Les expériences qui précèdent ont été faites en milieu alcalin qui est la réaction normale des eaux d'égout. Si l'on change la réaction en acidulant légèrement, l'allure n'est plus la même, on n'obtient pas de changement dans l'ammoniaque; la teneur reste constante, ce qui est conforme à ce que nous savons, d'après Christensen, sur la sensibilité des nitrobacters à l'égard de l'acidité du milieu.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

---

(1) Soixante jours avec les boues d'égout du département de la Seine prélevées à l'usine élévatoire d'Ivry.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1920.

*La chimie et la guerre, science et avenir*, par CHARLES MOUREU. Paris, Masson, 1920; 1 vol. 20cm.

*Principes usuels de nomographie avec application à divers problèmes concernant l'artillerie et l'aviation*, par M. D'OCAGNE. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 25cm.

*Précis de physique*, par MARCEL BOLL. Paris, Dunod, 1920; 1 vol. 21cm,5. (Présenté par M. A. Haller.)

*Cours de Chimie*, par MARCEL BOLL. Paris, Dunod, 1920; 1 vol. 21cm,5. (Présenté par M. A. Haller.)

Herbier du Muséum de Paris : phanérogamie, *Notulæ systematicæ*, publiées par HENRI LECOMTE. Paris, Léon Lhomme, 1909-1918; 3 vol. 25cm.

*Exploration botanique de l'Afrique occidentale française*, par AUG. CHEVALIER. Tome I : *Énumération des plantes récoltées avec une carte botanique, agricole et forestière*. Paris, Paul Lechevallier, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. H. Lecomte.)

*La vie et l'œuvre d'un grand chirurgien : le professeur J. Albarran* (1860-1912), par F. CATHELIN. Extrait des *Travaux annuels de l'hôpital d'urologie et de chirurgie urinaire*. Paris, J.-B. Baillière, 1920; 1 fasc. 1920.

*Mœurs intimes du passé* (sixième série), par le Dr CABANÈS. Paris, Albin Michel, 1920; 1 vol. 18cm,5.

*Mindeskrift i anledning af hundredaaret for Japetus Steenstrups födsel* udgivet as en kreds af naturforsker ved HECTOR F. E. JUNGERSEN og EUG. WARMING. Copenhague, Bianco Lunos, 1914; 2 vol. 27cm.

*Das problem der gravitation*, von JOAN VICIU. Cluj, 1920; 1 fasc. 23cm.

*Utilisation des marées*, par l'amiral AMET. Extrait de la *Revue générale de l'électricité*, 1920; 1 fasc. 27cm.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-ET-ONZIÈME.

# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

---

# TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1920.

## TABLE DES MATIÈRES DU TOME 171.

B

## C

## D



## E

## F



## G

## H

## I



## L

# M

## N

# O



# P

## R

## S

## T

## U



## V



## Z

# TABLE DES AUTEURS.

## A

B

## C

# D

E



F

## G

## H

## I



## J

# K

# L

# M

## N



## O

## P

## Q



## R

## S

## T

## U



## V

# W

# Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
66944-23 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.